

Untersuchungen zum Entwicklungsrhythmus und zur Kultursteuerung belaubt überwinternder Stauden am Beispiel von Aster alpinus 'Happy End'

DISSERTATION

zur Erlangung des akademischen Grades
doctor rerum horticultrarum (Dr. rer. hort.)

eingereicht an der
Landwirtschaftlich-Gärtnerischen Fakultät

von
Diplom-Gartenbauingenieur Andreas Jende
geb. am 19.02.1969



Präsident
der Humboldt-Universität zu Berlin
Prof. Dr. Dr. h.c. Hans Meyer

Dekan
der Landwirtschaftlich-Gärtnerischen Fakultät
Prof. Dr. Dr. h.c. Ernst Lindemann

Gutachter: 1. PD Dr. sc. J. Kühn
2. Prof. em. Dr. W. Heinze
3. Prof. Dr. sc. H.-G. Kaufmann

eingereicht: 30.11.1999
Datum der Promotion: 23.03.2000

Abstract

Andreas Jende; 03/2000: Untersuchungen zum Entwicklungsrhythmus und zur Kultursteuering beleubt überwinternder Stauden am Beispiel von *Aster alpinus* 'Happy End'

Humboldt-Universität zu Berlin, Landwirtschaftlich-Gärtnerische Fakultät, Institut für Gartenbauwissenschaften, Fachgebiet Zierpflanzenbau / Baumschulwesen, Dissertation

Schlagworte: Asteraceae, Entwicklung, Cytokinin, Kühlung

Am Beispiel von *Aster alpinus* 'Happy End' wird der Entwicklungsverlauf vom Zeitpunkt der Vermehrung bis zur Ausbildung von Infloreszenzen beschrieben, um daraus Empfehlungen für die Kultur als blühende Topfstaupe abzuleiten.

Dazu wurden über einen Zeitraum von drei Jahren Versuche mit unterschiedlich vermehrten Pflanzen durchgeführt. Verwendet wurden hierbei Pflanzen aus generativer und vegetativer Vermehrung (Stecklinge, in vitro). Untersucht wurde der Verlauf der vegetativen und generativen Entwicklung unter spezieller Berücksichtigung der Dormanz und der Differenzierung der Blütenanlagen. Die Umstimmung des vegetativen Meristems in ein generatives wurde durch die Transplantation von Sproßknospen in die In-vitro-Kultur und durch histologische Untersuchungen erfaßt.

Während der juvenilen Entwicklungsphase und vor dem Eintritt in die Endodormanz erfolgt die Blüteninduktion. Der früheste Zeitpunkt der Blütendifferenzierung konnte bei *Aster alpinus* Ende September festgestellt werden. Die Endodormanz beginnt ab Mitte Oktober und dauert bis Mitte-Ende Dezember an. Erst danach ist eine weitere Entwicklung der Infloreszenz möglich.

Anschließend wurde der Einfluß der exogenen Applikation mit dem Cytokinin 6-Benzylaminopurin und der Einfluß der Kühlung auf die vegetative und generative Entwicklung untersucht. Dazu wurden die Pflanzen während der juvenilen Phase über einen Zeitraum von 6 Wochen mit BAP-Lösungen in unterschiedlichen Konzentrationen (15, 20 und 25 mg/l) besprüht. Der Einfluß der Kühlung wurde durch die Erfassung von Freilandtemperaturen und durch eine zeitweise Aufstellung der Pflanzen im Kühlraum ermittelt. Erfaßt wurden dabei alle Temperaturen unter 2° C und die Dauer der Kühlung.

Die Applikation von BAP in einer Konzentration von 20 und 25 mg/l bewirkte eine signifikant höhere Anzahl gestreckter, vegetativer Sproßknospen. Der Einfluß der Cytokininbehandlung auf die Anzahl der gestreckten Infloreszenzen war dagegen nicht signifikant. Die Wirkung der Kühlung auf die Streckung von Infloreszenzen erwies sich gegenüber der Cytokininbehandlung als wesentlich stärker. Die Dauer der Kühlung korreliert positiv mit der Anzahl gestreckter Infloreszenzen. Das Vernalisationsbedürfnis ist jedoch nicht obligat. Beide Faktoren (Cytokininapplikation und Kühlung) zusammen, haben eine synergistische Wirkung auf die Anzahl gestreckter Infloreszenzen.

Abstract

Andreas Jende; 03/2000: Examinations about the development rhythm and culture controls of budding overwintering perennials at the example of *Aster alpinus* 'Happy End'

Humboldt-University Berlin, Agricultural and Horticultural faculty, Institut for Horticulture Science, Dissertation

Keywords: Asteraceae, Development, Cytokinin, Chilling

A study was made on the development rhythm of perennials on *Aster alpinus* 'Happy End' from the beginning of propagation until flowering, to give recommendation for cultivation as a flowering potplant.

Approximately three years of examinations with different propagated plants were carried out. Plants from generative and vegetative propagation (cuttings, in vitro) were used. The course of vegetative and generative development was examined especially taking into account the dormant stages and the differentiation of flowering plants. The change of the vegetative to the generative meristem was recorded by the transplantation of shoots to the in-vitro-culture and by histological examinations.

The flower initiation took place during the juvenile development phase and before the beginning of endodormancy. The earliest flower differentiation was observed at the end of September. The endodormancy started in the middle of October and lasted until mid to late December. Only afterwards was a further development of the inflorescence possible.

In the second part the influence of exogen application with the cytokinin 6-Benzylaminopurin (BAP) and the influence of chilling at the vegetative and generative development were examined. In addition the plants were sprayed with BAP-solutions with different concentrations during the juvenile phase of about 6 weeks. The influence of chilling was measured under outdoor conditions and with temporary artificial chilling. All temperatures under 2 °C and the length of time they were chilled, were recorded. Afterwards the plants were maintained in the greenhouse until flowering.

The application of BAP with concentrations of 20 and 25 mg/l caused significantly longer vegetative shoots. The influence of the cytokinin treatment on the number of elongated inflorescences was non-significant in contrast. The rate of progress to generative development improved with increased chilling time. The vernalisation response is not obligatory. Both factors (cytokinin application and chilling) together have a synergistic effect on the number of elongated inflorescences.

INHALTSVERZEICHNIS

1	Einleitung	9
2	Literaturübersicht zur Entwicklungsphysiologie von Stauden und Kurzcharakteristik von <i>Aster alpinus</i>	10
2.1	Der Entwicklungsrhythmus von Stauden	10
2.1.1	Wachstums- und Entwicklungsmodelle	10
2.1.2	Vegetative Phase der Entwicklung	11
2.1.3	Blattentwicklung.....	12
2.1.4	Blüteninduktion und –differenzierung.....	12
2.1.5	Blütendifferenzierung bis zur Anthese	13
2.1.6	Dormanz	14
2.1.7	Seneszenz	16
2.2	Herkunft, Beschreibung und Produktion von <i>Aster alpinus</i>	17
3	Problemstellung	19
4	Zielstellung	19
5	Material und Methoden	21
5.1	Versuchsaufbau.....	21
5.2	Untersuchungen zum Wachstums- und Entwicklungsverlauf	23
5.2.1	Pflanzenmaterial	23
5.2.2	Kulturbedingungen.....	24
5.2.1	Untersuchungsmethodik	25
5.3	Histologische Untersuchungen	26
5.3.1	Pflanzenmaterial	26
5.3.2	Untersuchungsmethodik	26
5.4	Untersuchungen in der In-vitro-Kultur	27
5.4.1	Pflanzenmaterial	27
5.4.2	Untersuchungsmethodik	27
5.5	Untersuchungen zum Einfluß von Cytokinin	29
5.5.1	Pflanzenmaterial	29
5.5.2	Kulturbedingungen.....	29
5.5.3	Untersuchungsmethodik	29
5.6	Untersuchungen zum Einfluß der Kühlung auf die Blütenbildung und -qualität	30
5.6.1	Pflanzenmaterial	30
5.6.2	Kulturbedingungen.....	30
5.6.3	Untersuchungsmethodik	30
5.7	Statistische Auswertung	31

6	Ergebnisse	32
6.1	Beobachtungen zur Keimung und postembryonalen Phase	32
6.2	Jungpflanzenentwicklung.....	32
6.3	Blattentwicklung.....	33
6.4	Einfluß unterschiedlicher Vermehrungstermine und –verfahren auf die vegetative Entwicklung	33
6.4.1	Generative Vermehrung	33
6.4.2	Stecklingsvermehrung	34
6.4.3	In-vitro-Vermehrung.....	36
6.4.4	Vegetative Entwicklung in der juvenilen Phase	39
6.5	Differenzierung von Infloreszenzen	43
6.5.1	Voraussetzungen für die Bildung von Infloreszenzen	45
6.5.2	Zusammenhang zwischen verschiedenen Größenmerkmalen und der Ausbildung von Infloreszenzen	45
6.5.3	Fortsetzung des vegetativen Wachstums	47
6.6	Einfluß der Kühlung auf die Knospenruhe und die Blütenentwicklung.....	48
6.7	Einzugsverhalten der Stauden nach unterschiedlicher Kühldauer.....	50
6.8	Blütenentwicklung gekühlter Pflanzen	51
6.8.1	Einfluss der Kühlung auf die Entwicklung von Infloreszenzen	51
6.8.2	Blühergebnisse	53
6.8.3	Einfluß der Kühlung auf generative Merkmale	55
6.8.4	Korrelationen zwischen Anzahl der Infloreszenzen, Pflanzendurchmesser und Anzahl der Sproßknospen	56
6.8.5	Blühergebnisse für vegetativ und generativ vermehrte Stauden	57
6.9	Vegetative Entwicklung ohne Kühlung.....	58
6.10	Generative Entwicklung ohne Kühlung.....	59
6.11	Einfluß der Cytokininapplikation auf die vegetative und generative Entwicklung.....	61
6.11.1	Versuchsergebnisse bis zum Ende der ersten Vegetationsperiode.....	61
6.11.2	Einfluß der Cytokininbehandlung auf die Ausbildung von Infloreszenzen.....	65
6.12	Wechselwirkungen zwischen Kühlung und Cytokininapplikation auf das vegetative und generative Wachstum	65
6.12.1	Wirkung der Einflußfaktoren auf den Durchmesser der Pflanzen	65
6.12.2	Wirkung der Einflußfaktoren auf die Anzahl der gebildeten vegetativen Sproßknospen.....	67
6.12.3	Wirkung der Einflußfaktoren auf die Anzahl der gebildeten generativen Sproßknospen	69
7	Diskussion	71
7.1	Vermehrung.....	71
7.2	Vegetative Entwicklung.....	72
7.3	Generative Entwicklung	73

7.4	Dormanz	74
7.5	Wirkungen der cytokinininduzierten Seitentriebbildung und der Kühlung auf die vegetative und generative Entwicklung.....	74
8	Empfehlungen für die gärtnerische Praxis	78
9	Zusammenfassung	81

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 5-1: Versuchsübersicht für <i>Aster alpinus</i> aus generativer Vermehrung.....	22
Abbildung 5-2: Versuchsübersicht für <i>Aster alpinus</i> aus vegetativer Vermehrung	23
Abbildung 5-3: Versuchsübersicht für <i>Aster alpinus</i> aus In-vitro-Vermehrung.....	23
Abbildung 6-1: Einfluß verschiedener Aussaattermine auf die Entwicklung des Pflanzendurchmesser bis zum Eintritt in die Ruhe	34
Abbildung 6-2: Einfluß verschiedener Vermehrungstermine (Stecklingsvermehrung) auf die Entwicklung des Pflanzendurchmesser bis zum Eintritt in die Ruhe	34
Abbildung 6-3: Einfluß verschiedener Überführungstermine in die In-vitro-Kultur auf die Überlebensrate der Sproßknospen	36
Abbildung 6-4: Einfluß des Vermehrungsverfahrens bei den Ausgangspflanzen auf die Überlebensrate aller Pflanzen nach der Überführung in die In-vitro-Kultur	37
Abbildung 6-5: Einfluß der Bewurzelung zum Zeitpunkt der Überführung (02.05.) auf die Überlebensrate der Sprosse während der ersten vegetativen Phase	39
Abbildung 6-6: Vergleich der Entwicklung vegetativ und generativ vermehrter Pflanzen	40
Abbildung 6-7: Ausbildung von Seitensprossen bei generativ vermehrten Pflanzen.....	41
Abbildung 6-8: Wachstumsverlauf der zum Zeitpunkt der Überführung (02.05.) bewurzelten und unbewurzelten Sprosse nach abgeschlossener Konditionierungsphase und Überführung in das Gewächshaus (24.05.)	42
Abbildung 6-9: Korrelation zwischen der Anzahl ausgebildeter Laubblätter und der Sproßzahl für mikrovermehrte Pflanzen.	43
Abb. 6-10: Entwicklung der Infloreszenzknospen (Bildtafel).....	44
Abbildung 6-11: Zusammenhang von Durchmesser, Sproßanzahl und Anzahl ausgebildeter Blütenstände für generativ vermehrte <i>A. alpinus</i>	45
Abbildung 6-12: Zusammenhang zwischen dem Pflanzendurchmesser, der Anzahl Blütenstände und der Stiellänge der Blütenstände bei in vitro vermehrten <i>A. alpinus</i>	46
Abbildung 6-13: Ausbildung von Blütenständen bei generativ vermehrten Pflanzen zu unterschiedlichen Transplantationsterminen	48
Abbildung 6-14: Ausbildung von Infloreszenzen bei in vitro vermehrten Pflanzen zu unterschiedlichen Transplantationsterminen	49
Abbildung 6-15: Einfluß der Kühlung auf das Einzugsverhalten der Stauden	50
Abbildung 6-16: Überlebensrate der im Kühlraum während der Ruheperiode gekühlten Pflanzen	52
Abbildung 6-17: Überlebensrate der unter Freilandbedingungen während der Ruheperiode geköhlten Pflanzen.....	53
Abbildung 6-18: Einfluß der Kühldauer auf die Entwicklung von Infloreszenzen.	54
Abbildung 6-19: Einfluß der Kühldauer und des Kühlverfahrens auf die Anzahl ausgebildeter Infloreszenzen je Pflanze.....	56
Abbildung 6-20: Einfluß des Vermehrungsverfahrens auf das Blühergebnis von <i>A. alpinus</i> unter natürlichen Freilandverhältnissen.....	57
Abbildung 6-21: Wachstumsverlauf von <i>A. alpinus</i> ohne Kühlung.	58
Abbildung 6-22: Zusammenhang zwischen dem Pflanzendurchmesser, der Anzahl Blütenstände und der Stiellänge der Blütenstände bei in vitro vermehrten Pflanzen ohne Kühlung.....	60
Abbildung 6-23: Einfluß des Cytokinins 6-Benzylaminopurin auf den Pflanzendurchmesser.....	62
Abbildung 6-24: Einfluß des Cytokinins 6-Benzylaminopurin auf die Entwicklung vegetativer Sproßknospen während und nach der Applikationsphase	63
Abbildung 6-25: Wirkung der BAP-Applikation auf die vegetative Entwicklung (Bildtafel)	64
Abbildung 6-26: Wirkung der Einflußfaktoren Kühlung und BAP-Applikation auf das vegetative Wachstum am Ende der Ecodormanz (Boniturtermin: 14.03.)	66

Abbildung 6-27: Wirkung der Einflußfaktoren Kühlung und BAP–Applikation auf das vegetative Wachstum am Ende der Ecodormanz (Boniturtermin: 14.03.)	67
Abbildung 6-28: Wirkung der Einflußfaktoren Kühlung und BAP – Applikation auf die Bildung vegetativer Sproßknospen am Ende der Ruheperiode (Boniturtermin: 14.03)	68
Abbildung 6-29: Wirkung der Einflußfaktoren Kühlung und BAP–Applikation auf die Bildung vegetativer Sproßknospen am Ende der Ruheperiode (Boniturtermin: 14.03)	69

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 5-1: Klassifizierung des Stecklingsmaterials für die Untersuchungen 1997	24
Tabelle 5-2: Zusammensetzung der verwendeten Nährmedien (Angaben in mg/l Medium)	28
Tabelle 6-1: Einfluß der Stecklingsqualität auf die Bewurzelungsergebnisse anhand der Ausfallrate (absolut / relativ) an drei verschiedenen Boniturterminen	35
Tabelle 6-2: Gruppierung der Sprosse und Bewurzelung in vitro vermehrter <i>A. alpinus</i> zum Zeitpunkt der Überführung in Kultursubstrate (nges. = 130)	38
Tabelle 6-3: Zusammenhang zwischen dem Durchmesser der Pflanzen und der Anzahl ausgebildeter Sproßknospen bei unterschiedlichen Vermehrungsvarianten.....	40
Tabelle 6-4: Bestimmtheitsmaß und Regressionsfunktion für unterschiedliche Merkmalskombinationen.....	47
Tabelle 6-5: Einfluß der Kühldauer auf die Entwicklung von Infloreszenzen (20 Pflanzen / Behandlung).....	55
Tabelle 6-6: Blütenentwicklung der Pflanzen nach In-vitro-Vermehrung, ohne Kühlung	59
Tabelle 6-7: Wirkung der BAP–Behandlung auf die Bildung von Infloreszenzen. Die Bonitur erfolgte zum Zeitpunkt der Hauptblüte (13.05.) im Freiland (Code-Nr.: 67, 57, 47, 37)	65
Tabelle 6-8: Wechselwirkung der Kühlraumkühlung bzw. der natürlichen Kälteperiode sowie der BAP–Applikation auf die Ausbildung von Infloreszenzen (27.05.1998)	70

1 Einleitung

Die verbesserten kulturtechnischen Verfahren für die Produktion blühender Topfstauden haben dazu geführt, daß der Absatz und die Verkaufsmengen dieser Produkte in den letzten Jahren kontinuierlich gestiegen sind. Das Produktionsspektrum wurde dabei um zahlreiche Gattungen und Arten erweitert. Für gärtnerische Produktionsbetriebe ist der Anbau blühender Topfstauden eine interessante Diversifizierungsmöglichkeit, die zahlreiche betriebswirtschaftliche Vorteile (geringere Energiekosten, bessere Preissituation) aufweist.

Für besonders marktrelevante Staudenarten, z.B. der Gattungen *Campanula*, *Gypsophila*, *Helleborus* oder *Coreopsis*, zeigte sich, daß der umfangreiche Erkenntnisstand zum Entwicklungsrhythmus maßgeblich zum Erfolg dieser Angebotsform als blühende Topfstau­de beigetragen hat. Voraussetzung dafür waren zahlreiche Untersuchungen zu den Wirkungen von Einflußfaktoren auf die vegetative und generative Entwicklung dieser Pflanzen. Daraus konnten Möglichkeiten der Steuerung durch Reaktion auf die Tageslänge oder die Temperatur abgeleitet oder in ihrer Effizienz besser beurteilt werden.

Bei der Suche nach weiteren, alternativen Topfstauden wird häufig auch *Aster alpinus* als anbauwürdige Topfstau­de empfohlen. Die Sichtung der bisherigen Untersuchungsergebnisse hat aber gezeigt, daß außer der Verbreitung, der Systematik und der Morphologie, nur lückenhafte Erkenntnisse zu dieser Art vorliegen. Insbesondere die Abfolge der vegetativen Entwicklung, die Blüteninduktion und –differenzierung und der Ruheverlauf spielen aber eine wichtige Rolle für das Verständnis kulturtechnisch relevanter Entwicklungsab­schnitte.

Das Interesse an *Aster alpinus* ist auch im Hinblick auf die von ZIMMER und MISZLAI (1982) vorgenommene, allgemeine Unterteilung des Kältebedürfnisses von Stauden anhand des Einzugsverhaltens geweckt worden. Es handelt sich bei der untersuchten Art um eine Staude mit belaubt überwinternden Sproßknospen und einer Frühjahrsblüte. Die Notwendigkeit der Absättigung eines Kältebedarfs als Voraussetzung für die Streckung der Sproßachsen ist bislang bei *Aster alpinus* noch nicht untersucht worden.

Zu den Möglichkeiten der Einflußnahme auf die Ertragsbildung zählt auch die Anwendung von Wachstumsregulatoren. Die Wirkung der bekannten Hormongruppen auf die pflanzliche Entwicklung war in den letzten Jahren Gegenstand vieler wissenschaftlicher Untersuchungen. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen unterstreichen das breite Wirkungsspektrum und weisen eine Vielzahl von Anwendungsmöglichkeiten für die gärtnerische Praxis aus (z. B. Stauchung, Bewurzelung, Substitution des Kältebedürfnis).

Der Wirkung von Cytokinin in Bezug auf Veränderungen der Korrelationsbeziehungen im Sproßbereich, der Verlängerung der vegetativen Phase durch Verlangsamung der Seneszenz und der Auswirkungen auf die Blütenbildung wurde dagegen bisher nur wenig Beachtung geschenkt. Möglicherweise können diese spezifischen Veränderungen des Hormonstatus' das Wachstum der Pflanze positiv beeinflussen.

Es ist das Ziel dieser Arbeit, den Entwicklungsrhythmus von belaubt überwinternden Stauden am Beispiel von *Aster alpinus* zu untersuchen, um die Möglichkeiten der Beeinflussung in der Kulturführung erfassen und einschätzen zu können.

2 Literaturübersicht zur Entwicklungsphysiologie von Stauden und Kurzcharakteristik von *Aster alpinus*

2.1 Der Entwicklungsrhythmus von Stauden

Die Entwicklung von Pflanzen ist ein komplexer Vorgang, der Wachstums-, Differenzierungs-, Musterbildungs- und Formbildungsprozesse beinhaltet. Diese Prozesse werden durch die genetische Information der Pflanze gesteuert und durch Umweltbedingungen beeinflusst (SCHOPFER und BRENNICKE, 1999).

Nachfolgend werden relevante Entwicklungsabschnitte von Stauden und der Einfluß von Umweltfaktoren auf diese Vorgänge dargestellt. Dabei sollen relevante Aspekte der Morphogenese und der Physiologie des Formenwechsels berücksichtigt werden.

2.1.1 Wachstums- und Entwicklungsmodelle

Der Einfluß der Umweltfaktoren auf die Entwicklung von Stauden bildet die Grundlage für zahlreiche Klassifizierungen unter dem Aspekt der gärtnerischen Nutzung. Im Vordergrund stehen dabei die Wirkungen von Temperatur und Licht.

ZIMMER und MISZLAI (1982) unterscheiden erstmals Stauden anhand des Einzugsverhaltens im Herbst in belaubt und unbelaubt überwinternd. Anhand dieses Kriteriums wird der Temperatureinfluß auf den Ruheverlauf und die Blütendifferenzierung bewertet. Das bei den belaubt überwinternden Stauden in Rosetten angeordnete Laub umhüllt apikale und laterale Sproßknospen und schützt diese vor ungünstigen Witterungsbedingungen. Diese Stauden weisen vor dem Eintritt in die Ruhe keine Blütenanlagen auf. Stauden, die im unbelaubten Zustand überwintern, haben unterirdisch oder bodennah Sproßknospen angelegt, die nach Absättigung eines Kältebedürfnisses austreiben. Diese Sproßknospen enthalten bereits im Herbst Blütenorgane.

Durch zahlreiche Untersuchungen konnte in den vergangenen 20 Jahren diese Einteilung präzisiert und um wichtige Aspekte der vorhergehenden und nachfolgenden Entwicklungsabschnitte erweitert werden. Eine in diesem Zusammenhang am besten untersuchte Art ist *Fragaria annanassa*. Umfassende Darstellungen zu vegetativen und generativen Entwicklungsabschnitten entstanden aufgrund ihrer wirtschaftlichen Bedeutung im Obstbau. Detaillierte Untersuchungsergebnisse geben Aufschluß über das vegetative Wachstum einzelner Organe (Blätter, Krone, Wurzeln, Stolonen), die Blühinitiation und –differenzierung und die Dormanz (PLANCHER, 1974, KRAMER, et al., 1978, LE MIÉRE, et al., 1998, SØNSTEBY und NES, 1998).

Im Zierpflanzenbau finden sich in größerem Umfang detaillierte Untersuchungsergebnisse vor allem für Geophyten (*Tulipa*-, *Hyacinthus*-, *Narcissus*-Arten, etc. pp.). Bei Stauden mit unbelaubt oder belaubt überwinternden Sproßknospen finden sich nur bei wenigen Arten präzise Angaben zum vollständigen Wachstums- und Entwicklungsrhythmus. Herausragend ist hierzu vor allem das zu *Primula*-Arten existierende Datenmaterial. Jüngere Untersuchungsergebnisse mit dem Schwerpunkt vegetative und generative Entwicklung existieren zu *Doronicum*-, *Trollius*-, *Delphinium*-, *Aquilegia*-, *Campanula*- und *Aster*-Arten. Schwerpunkte sind dabei Ergebnisse zum Kältebedürfnis, zur Blühfähigkeit und zum Ablauf der Blütendifferenzierung (ZIMMER, 1983, 1987, WHITE et al., 1990, SEIFFERT, 1994, KÜHN, 1996, NEITZEL und SPETHMANN, 1996, WHITMAN et al., 1997)

2.1.2 Vegetative Phase der Entwicklung

Alle Organe der Stauden weisen eine spezifische, organabhängige Wachstumskurve auf. Sehr deutlich wird dies bei Geophyten, bei denen zunächst die Blätter gestreckt werden und später die Zwiebel wesentlich stärker wächst. Bei Rhizom-*Iris*-Arten findet im Anschluß an die Blütendifferenzierung die Ausbildung der Blattschwerter aus den Erneuerungsknospen statt (TAEGER, 1990). Für *Fragaria annanassa* wurde durch KRAMER (1978) die zeitlich differenzierte Organbildung für die Blätter, die Krone, die Ausläufer und die Wurzeln beschrieben.

Das zeitlich versetzte und unterschiedlich intensive Wachstum der Pflanzenorgane bei den Stauden führt zum Aufbau spezifischer Organisationsmuster des Wurzel- und Sproßsystems. Sie sind genetisch determiniert und in der Ausprägung von den Umweltbedingungen abhängig. Wichtige Faktoren in diesem Zusammenhang sind zyklische Wechsel zwischen Wachstums- und Ruhephasen und die natürliche Periodik der Temperatur-, Niederschlags- und Lichtverhältnisse.

Ein weiterer Einflußfaktor für die Sproßorganisation ist die korrelative Hemmung. TÖPPERWEIN (1992) weist anhand von Untersuchungen an *Fuchsia*, *Kalanchoe*, *Dendranthema*, *Rhododendron*, *Piquera*, *Tropaeolum* nach, daß allein die Blätter die korrelative Hemmung der Achselknospen hervorrufen. Die Hemmwirkung der Blätter ist dabei altersabhängig.

Die Entwicklung des oberirdischen Sproßsystems ergibt sich aus der Lage der Verzweigungsknospen. Daraus leiten HALLÉ et al. (1978, zitiert in STEEVES, 1989) 23 verschiedene Architekturmodelle für den Aufbau des Sproßsystems ab. Ein Großteil dieser Organisationsmuster trifft auch für die perennierenden Pflanzen zu.

Die vegetative Phase ist durch Längen- und Dickenwachstum gekennzeichnet. In diesem Entwicklungsabschnitt werden ausschließlich vegetative Organe gebildet. Diese Phase wird durch das Blühen, die Endodormanz oder bei Beginn ungünstiger Witterungsbedingungen unterbrochen. Die oberirdischen Organe sterben dann meist ab. Bei einigen Arten führt sekundäres Dickenwachstum zur Verholzung oder der Ausbildung korkartiger Schichten (z.B. bei *Lavandula*-Arten, *Helianthemum*-Hybriden, *Iberis*-Arten).

Weitere Kriterien der Sproßorganisation bei Stauden sind variierende Internodienlängen an einer Pflanze. Durch die Stauchung von Internodien werden Kurzsprosse, Blattrosetten oder Zwiebeln ausgebildet. Die Blütenstände vieler Stauden, z.B. der Korbblütler, sind ebenfalls auf Internodienstauchung zurückzuführen.

Die Verlängerung der Nodienabstände führt zur Bildung von Stolonen; Beispiele dafür sind *Fragaria annanassa*, *Ajuga reptans*, *Ranunculus reptans* (SITTE et al., 1998). Für *Mentha*-Arten (NÉMETH und PHAM, 1995) und *Fragaria annanassa* (SØNSTEBY und NES, 1998) konnte gezeigt werden, daß die Stolonenentwicklung im Jahresverlauf und in Abhängigkeit von der Gesamtentwicklung der Pflanze sehr unterschiedlich verläuft.

Der Abschluß der juvenilen Phase ist nach WAREING und PHILIPS (1981) notwendig, um zur Blütenbildung übergehen zu können. Dies ist daran zu erkennen, daß die Pflanzen im juvenilen Stadium trotz günstiger Bedingungen nicht zur Blütenbildung in der Lage sind, eine Infloreszenz zu entwickeln.

2.1.3 Blattentwicklung

Die Blattentwicklung ist durch eine erhöhte Zellteilungsrate und ein Anschwellen der Apikalfanken erkennbar. Dabei wird ein Teil dieser Apikale von der korrelativen Hemmung isoliert (STEEVES und SUSSEX, 1989). In diesem Zusammenhang beschrieb LYNDON (1983) anhand von Untersuchungsergebnissen bei *Pisum* den Wechsel der Zellteilungsebene als ein weiteres Indiz für die sich anbahnende Blattentwicklung.

Die Anordnung der Blätter um die Sproßachse erfolgt bereits bei der Positionierung der Blattprimordien im Sproßsystem (SCHOPFER und BRENNICKE, 1999). Unterschiede in der Form und Größe der Blätter werden durch wechselnde Umwelteinflüsse, die Lage der Blätter entlang der Sproßachse und unterschiedliche Wachstumsintensitäten im einzelnen Blatt hervorgerufen.

Die Dauer der Blattentwicklung ist artspezifisch sehr verschieden und in starkem Maße von den Umweltfaktoren abhängig. Bei den belaubt überwinternden Stauden kann die Blattinitiation und erste Differenzierung schon im Vorjahr erfolgen und wird in der folgenden Vegetationsperiode fortgesetzt. Über einen längeren Entwicklungszeitraum berichteten DIGGLE (1997) und AYDELOTTE (1997) bei den in alpinen Regionen vorkommenden Stauden *Polygonum viviparum* und *Caltha leptosepala*. Von der ersten Blattinitiation bis zur Endgröße benötigen diese Stauden bis zu vier Jahre.

Bei vorhandener Belaubung der Stauden wird die Blattentwicklung durch endogene Regulationsmechanismen gesteuert. Ursache dieser meist korrelativen Hemmung der Entwicklung jüngerer Blätter ist das Vorhandensein älterer Blätter. (KUEHNERT, 1967, zitiert in STEEVES, 1989).

Zwischen der Blatt- und Blütenentwicklung besteht eine wechselseitige Beziehung. So berichten LE MIÉRE et al. (1998) daß bei *Fragaria annanassa* durch höhere Temperaturen das vegetative Wachstum verringert und die Blütendifferenzierung beschleunigt werden kann.

2.1.4 Blüteninduktion und –differenzierung

Die Umwandlung des vegetativen Apikalmeristems in ein generatives wird durch die Aktivierung von Heterochroniegenen ausgelöst. Diese Gene stellen die oberste Ebene in einem hierarchisch angeordneten System dar. Ihre Aktivierung bewirkt in Form einer Kettenreaktion die Aktivierung weiterer Gene in unteren Hierarchieebenen (SCHOPFER und BRENNICKE, 1999). Im vegetativen Zustand sind diese Gene inaktiv (RÜNGER, 1971).

Bei einer autonomen Blüteninduktion ist die Umstimmung vom Alter und Entwicklungszustand der Pflanzen abhängig. Die exogene Blüteninduktion wird durch die Umweltfaktoren Licht, Temperatur und Wasser eingeleitet (SCHOPFER und BRENNICKE, 1999). Dazu ist es notwendig, daß das Größenwachstum der Staude (z.B. in Form der Zwiebelgröße oder der Anzahl ausgebildeter Nodien) einen bestimmten Kulminationspunkt erreicht haben muß (TAEGER, 1990, RÜNGER, 1976). Dieser hängt primär von der Nährstoffversorgung der Pflanzen ab (ESCHRICH, 1995). BLASSE und KRAMER (zitiert in JUNG, 1992) stellten dazu fest, daß die Blüteninduktion nur in einem bestimmten Kompetenzzeitraum stattfinden kann. Dazu muß ein artspezifischer Photoperiode-Temperatur-Komplex gewährleistet sein.

Ein Zusammenfassung möglicher Photoperiode-Temperatur-Kombinationen, für die eine induktive Wirkung

auf Stauden nachgewiesen werden konnte, erfolgte durch JANSEN et al. (1989). In Anlehnung an SALISBURY (1963), HALEVY (1985, 1986) und ZIMMER (1985, 1987) listet er 26 Varianten für Krypto- und Hemikryptophyten und vier Varianten für Geophyten auf, die zur Blüteninduktion führen können.

In Form eines chemischen Signals wird der Blühstimulus vom perzipierenden Organ zum vegetativen Apikalmeristem transportiert. Dieser Transport erfolgt mittels einer hormonartigen Substanz (Florigen) oder einem Komplex von Substanzen. Dieses Florigen ist nicht artspezifisch und nicht spezifisch im physiologischen Sinn. Es läßt sich zwischen Langtags-, Kurztags- und tagneutralen Pflanzen in beliebiger Richtung austauschen (LANG und MSU-DOE, 1984, SITTE et al., 1998)

Die der Induktion folgende Organbildung ist durch erhöhte Zellteilungsaktivitäten gekennzeichnet, in deren Folge es zur Volumenvergrößerung der Blütenknospe kommt. Morphologisch betrachtet wechselt die Ausformung des Apikalmeristems von spitzkegelig zu halbkugelförmig (WAREING und SAUNDERS, 1970, ZIMMER, 1987, WHITE et al., 1990). Untersuchungen von DENGIS (1988, zitiert in ESCHRICH, 1995) zeigten einen entgegengesetzten Formbildungsprozeß des Apikalmeristems von *Weigela japonica*. Nach erfolgter Blüteninduktion verflacht sich das anfänglich gewölbte Apikalmeristem.

Von vielen Stauden ist bekannt, daß zwischen der Blüteninduktion und der Streckung eine Ruhephase eingelegt werden muß. RÜNGER (1971) weist darauf hin, daß auch während eines äußerlich erscheinenden Wachstumsstillstandes weitergehende Differenzierungsprozesse ablaufen.

2.1.5 Blütendifferenzierung bis zur Anthese

Die Blütendifferenzierung der Stauden wird solange fortgesetzt, wie es die Umweltfaktoren und/oder der physiologische Status der Pflanzen erlauben. Da die Reihenfolge und die Intensität dieser, die weitere Differenzierung unterdrückenden Faktoren artspezifisch ist, sind unterschiedliche Mechanismen zur Beseitigung der Hemmung notwendig. Eine wichtige Rolle spielt dabei der Thermoperiodismus von Stauden. Bei den in den gemäßigten Breitengraden beheimateten Stauden liegt meist ein ausgeprägtes Vernalisationsbedürfnis zur Blühbereitschaft vor (RÜNGER, 1976, ZIMMER und MISZLAI, 1982, KÜHN, 1996, NEITZEL und SPETHMANN, 1996, WHITMAN et al., 1997). Hinsichtlich des Vernalisationsbedürfnisses lassen sich die Stauden in drei Kategorien unterteilen. Stauden der ersten Kategorie benötigen keine Kühlperiode. Für Stauden der zweiten Kategorie ist eine Kühlperiode von 5°C vorteilhaft. Stauden der dritten Kategorie benötigen zwingend eine Abkühlung auf mindestens 5°C für eine artspezifische Dauer, die aber erst ab einer bestimmten Nodienzahl wirksam wird (STOFFERT, 1998).

Die Initiation der Anthese kann auch durch Rotlichtabsorption und Atmungswärme ausgelöst werden. Ein Indiz dafür sind Beobachtungen an frühjahrsblühenden Stauden wie *Hepatica triloba* oder *Soldanella alpina*, deren Blütenstände eine geschlossene Schneedecke durchbrechen können (ESCHRICH, 1995).

Je größer der zeitliche Abstand der Anthese von der Eco- und Endodormanz ist, umso größer ist bei diesen Stauden der Einfluß der Tageslänge auf die Blüteninduktion und Blütendifferenzierung. STOFFERT (1998) berichtet in diesem Zusammenhang, daß die kritische Tageslänge vieler, meist im Sommer blühender Stauden zwischen 12 und 13 h bzw. 15 und 16 h liegt.

Die sich der Ruhephase anschließende Ausdifferenzierung der Infloreszenzen bei den frühjahrsblühenden Stauden hängt weitestgehend von der Temperatur ab. Diese beeinflusst auch die Geschwindigkeit der Blü-

tenentwicklung und die Qualität der Blüten (KÜHN, 1996, NEITZEL und SPETHMANN, 1996, WHITMAN et al., 1997). Zwischen der Einwirkdauer und der Intensität niedrigerer Temperaturen und der Anzahl ausgebildeter Blüten besteht allerdings kein zwingend, progressiv linearer Zusammenhang (ZHANG et al., 1995, WHITMAN et al., 1997).

2.1.6 Dormanz

Die Anpassung und das Überleben der Pflanzen wird durch eine Synchronisation an die wechselnden Umweltbedingungen gesichert (LEVITT, 1980). Dazu wird bei den in unseren Breitengraden heimischen Gehölzen und Stauden in den jahreszeitlichen Ablauf eine Ruheperiode eingeschaltet, die der Überdauerung ungünstiger Jahreszeiten dient. Die Dormanz ist in den ruhenden Zellen autonom manifestiert und vollzieht sich mit arttypischen Blockierungen der Genaktivität, so daß keine Unterbrechung unter günstigen Umweltbedingungen stattfinden kann (SCHUBERT und WAGNER, 1988). Nicht alle Organe sind gleichermaßen von diesem Aktivitätswechsel betroffen; einzelne Organe setzen ihre Differenzierungsprozesse auch während der Ruhe fort (JANSEN et al., 1989).

Sofern die Temperatur-, Licht- und Bodenverhältnisse dies zulassen, wird insbesondere bei belaubt überwinternden Stauden die Photosynthese aufrechterhalten. Zu den so aktiven Arten gehören beispielsweise *Senecio vulgaris*, *Cerastium spp.*, *Capsella bursa-pastoris* oder die Wintergetreidearten (WAREING und PHILIPS, 1981).

Bekannte Signale der Ruheinduktion sind Tageslängenveränderungen. Während zu den Polen hin hauptsächlich einsetzende Kurztagsbedingungen für einen Übergang in die Ruhe sorgen, fördern bei einigen Steppenpflanzen Langtagsbedingungen und Trockenperioden den Übergang in die Ruhe. Gefördert wird der Effekt der Tageslänge in vielen Fällen durch den Einfluß der Temperatur (LIBBERT, 1987), wobei Kurztagsbedingungen die eigentliche Signalwirkung ausüben und tiefe Temperaturen das Überleben der Pflanzen eher gefährden (FAUST et al., 1997). Weitere Induktionsbedingungen, die den Eintritt in die Ruhephase hervorrufen sind Lichtmangel z.B. bei Waldpflanzen, wie *Anemonen*-Arten, *Corydalis cava* (HANSEN und STAHL, 1981) oder Trockenheit bei alpinen Stauden in Extremlagen (REISIGL und KELLER, 1994).

Schwankungen verschiedener Faktoren während der Ruhephase deuten darauf hin, daß unterschiedliche Mechanismen das Austriebsverhalten der Sproßknospen während der Ruhephase steuern. Diese Beobachtungen wurden bereits durch FUCHIGAMI und NEE (1987) gemacht, die einen zyklischen Wechsel der Ruheintensität feststellten. In Analysen wurde dieser Wechsel durch unterschiedliche Hormon- und Zuckerkonzentrationen, einen veränderten Wassergehalt in den Knospen und/oder durch Schwankungen des Nuclein- und Proteinstoffwechsel gemessen (FAUST et al., 1997, JANSEN et al., 1989).

Durch LANG et al. (1987) wurden diese Stadien der Dormanz in Para-, Endo- und Ecodormanz eingeteilt. Diese Überarbeitung der Nomenklatur war notwendig, da durch die unterschiedliche Beschreibung der Dormanzstadien in wissenschaftlichen Versuchen eine eindeutige Identifizierung nicht mehr möglich war (LANG et al., 1987). Die Dauer und die zeitliche Lage der Dormanzstadien unterscheidet sich artspezifisch (RÜNGER, 1971).

Paradormanz

Der Übergang in die Paradormanz wird durch biochemische Signale eingeleitet. Diese Signale können ihren Ursprung sowohl in den Umweltbedingungen (z. B. die Photoperiode) als auch in der Pflanze selbst haben (z. B. Apikaldominanz).

Der Eintritt in die Phase der Paradormanz erfolgt in Abhängigkeit vom Beginn ungünstiger Wachstumsbedingungen wie Trockenheit, Temperaturextreme und Nährstoffmangel. Für Gehölze und einige Stauden trifft dies auf die mittleren und späten Sommermonate (WAREING und PHILLIPS, 1981, SEELEY und POWELL, 1981, FUCHIGAMI et al., 1997) zu und dauert bis zu den Wintermonaten.

Die Rezeption der induzierenden Signale durch Pflanzenorgane führt dazu, daß dieser Reiz entweder in dem betreffenden Organ selbst die Umstimmung auslöst bzw. daß dieser Reiz an die eigentlichen Überdauerungsorgane weitergeleitet wird. Dies können verschiedene Organtypen sein, wie z.B. Rhizome (bei *Iris*-Arten, *Convallaria majalis*), Knollen (*Gladiolus*), Zwiebeln (*Allium cepa*, *Puschkinia scilloides*), Samen (*Verbascum*-Arten, *Triticum* spp.), oder an Ruheknospen (bei Wasserpflanzen, wie *Stratiotes*, *Hydrocharis*, *Utricularia*). Bei Krypto- und Hemikryptophyten sind dies die dicht am oder unter dem Erdboden befindlichen Sproßknospen, wie bei *Primula*-Arten, *Fragaria ananassa*, *Trollius*-Arten, *Doronicum orientale* oder *Campanula pyramidalis* (WAREING und SAUNDERS, 1970, ZIMMER, 1983, 1986, SEIFFERT, 1994, KÜHN, 1996).

Die Abgrenzung der Paradormanz von der Endodormanz besteht darin, daß der Ort der Rezeption des ruheinduzierenden Signals nicht gleichermaßen das später ruhende Organ selbst ist (LANG et al., 1987).

Endodormanz

Induzierende Signale, wie die Kälte, die Photoperiode oder das Lichtspektrum, bewirken in dem perzipierenden Organ eine endogene Wachstumskontrolle. Der Eintritt in die endodormante Phase führt zu morphologischen Veränderungen an der Pflanze (LANG et al., 1987).

Äußerlich sichtbar wird bei den frühjahrs- und sommerblühenden Stauden der Übergang in die Endodormanz durch die Bildung spezifischer Sproßknospen, erste Seneszenzerscheinungen der Blätter bzw. das vollständige Einziehen der Pflanzen. Bei den herbstblühenden Stauden wird die Vegetationsphase in der Regel mit der Blüten- und Samenbildung abgeschlossen. Während und nach der Blüte sind die Sproßknospen bereits angelegt.

Mit Einleitung der Endodormanz besteht für einige Stauden ein spezifisches Kältebedürfnis oder die Notwendigkeit photoperiodischer Veränderungen, um das Wachstum fortsetzen zu können. Die zur Überwindung dieser Phase notwendige Dauer der Kühlung bzw. Veränderung der Lichtverhältnisse ist artspezifisch.

Da die frühjahrsblühenden Stauden nach der Dormanz sofort zur Blütendifferenzierung übergehen können, besteht ein großes wirtschaftliches Interesse daran, die obengenannten Überwindungsmechanismen quantifizieren zu können. Die von ZIMMER und MISZLAI (1982) vorgenommene Gruppierung in laublos und belaubt überwinternde Stauden liefert möglicherweise einen ersten Hinweis darauf, ob das Kältebedürfnis obligat ist und/oder eine photoperiodische Abhängigkeit besteht.

Der wirksame Temperaturbereich für die Überwindung der Endodormanz bei Stauden mit über- und unterirdisch überwinternden Sproßknospen schwankt zwischen 0 bis 8 °C. Die Dauer der Temperatureinwirkung variiert zwischen 3 und 20 Wochen (ZIMMER, 1982, 1983, WHITE et al., 1990, JUNG, 1992, KÜHN, 1996, WHITMAN et al., 1997). Diese Angaben basieren überwiegend auf Versuchen zur Beschleunigung der Blütenentwicklung bei frühjahrsblühenden Stauden.

Zwischen den in einer ruhenden Pflanze bereits angelegten Blatt- und Blütenorganen kann eine unterschiedliche Affinität für niedrige Temperaturen bestehen. Beispielsweise bei *Convallaria majalis* wurde beobachtet, daß bei einer sehr frühen Treiberei nur Infloreszenzen ausgebildet werden. Bei späterer Treiberei entwickeln sich parallel zur Blüte die Blätter. RUPPRECHT und MIESSNER (1984) weisen in diesem Zusammenhang auch darauf hin, daß durch die physiologische Schockwirkung einer Warmwasserbehandlung bei *Convallaria majalis* die Wiederaufnahme der Wachstumsprozesse erzwungen werden kann.

Ecodormanz

Im Gegensatz zur Endodormanz wird bei der Ecodormanz der Ruhezustand nur durch äußere Faktoren verursacht. Hervorgerufen wird diese erzwungene Ruhe durch Temperaturextreme, Nährstoffmangel oder Trockenheit. Die damit einher gehenden Wirkungen auf den Metabolismus sind unspezifisch und für das weitere Wachstum und die weitere Entwicklung nicht notwendig (LANG et al., 1987). Die Aufhebung der Ecodormanz erfolgt durch günstige Umweltbedingungen.

2.1.7 Seneszenz

Die Gestaltänderungen der Stauden finden ihren Abschluß in rhythmisch auftretenden Alterungserscheinungen. Diese sind entweder das Ergebnis ungünstiger Umweltbedingungen (z.B. Trockenheit, Frost) oder werden durch die Anhäufung von schwer abbaubaren Ballastionen und Stoffwechselschlacken (SITTE et al., 1998) ausgelöst. BAUER (1997) beschreibt Alterungserscheinungen einzelner Blätter einer Pflanze auch als einen korrelativen Vorgang, der durch Nährstoffkonkurrenz, Assimilate und Phytohormone einzelner Blätter untereinander beeinflusst wird. Die Seneszenz einzelner Organe, wie z. B. der Blätter, stellt eine physiologische Notwendigkeit dar (SCHOPFER und BRENNICKE, 1999).

Von diesen Alterungserscheinungen kann sowohl der gesamte oberirdische Teil der Stauden erfaßt werden, als auch nur einzelne, vorwiegend ältere Blätter. Bei der letztgenannten sequentiellen Alterung (SITTE et al., 1998) überwintern die Stauden meist mit dicht am Boden liegenden Erneuerungsknospen mit vorhandenen Blattanlagen. Hierzu zählen Stauden wie *Campanula glomerata*, *Campanula pyramidalis* oder *Aster ericoides* (ZIMMER und MISZLAI, 1982) und auch *Aster alpinus*.

2.2 Herkunft, Beschreibung und Produktion von *Aster alpinus*

Zu dem umfangreichsten Vertreter im Zierpflanzenbau zählt die Familie der Asteraceae. Das Sortiment der dazugehörigen Gattungen ist hinsichtlich der vertretenen Spezies und der Angebotsformen in ständiger Bewegung. Diese Familie ist mit ungefähr 19.000 Arten (SCHÖLLKOPF, 1995) eine der formenreichsten innerhalb der höheren Pflanzen. Die Zahl der Asternarten wird sehr unterschiedlich angegeben. JELITTO et al. (1990) gehen von etwa 600 aus, während die meisten Quellen von 250 bis 300 sprechen (GRUNERT, 1964, HUXLEY, 1992, SCHÖLLKOPF, 1995). Unter den erwähnten und beschriebenen, perennierenden Gattungen findet sich seit Beginn des 19. Jahrhundert in regelmäßiger Häufigkeit auch *Aster alpinus*.

Die Gattung *Aster alpinus* umfaßt gegenwärtig 12 Sorten, die sich überwiegend in der Blütenfarbe unterscheiden. Am häufigsten sind blau- und rosablühende Sorten, die auch dem in der Natur am häufigsten gefundenen Wildtyp am ehesten entsprechen; die Blütenfarbe weiß kommt dagegen seltener vor. Unter den beschriebenen Sorten befinden sich auch die im englischsprachigen Raum extra ausgewiesenen Sorten wie 'Dark Beauty' oder auch 'White Beauty'. Diese Sortenbezeichnungen und -beschreibungen legen die Vermutung nahe, daß es sich hierbei um die Sorten 'Dunkle Schöne' und 'Weiße Schöne' handelt. Letztere wiederum wird sowohl unter diesem Namen als auch mit dem Namen 'Albus' gehandelt. *Aster alpinus* 'Happy End' blüht reinrosa.

Fast alle perennierenden Asternarten überwintern mit Laub in rosettiger Form. Die Blütezeiten der jeweiligen Arten findet in den verschiedensten Zeiträumen (Frühjahr, Sommer, Herbst) statt. Im Handbuch der Pflanzennamen (ZANDER et al., 1993) werden 46 Staudenastern benannt, davon blüht eine Art im April-Mai, 8 Arten im Mai-Juni, 5 Arten im Juni-Juli, 13 Arten im August-September und 12 Arten im September-Oktober. *Aster alpinus* blüht je nach Standort ab Anfang Mai bis Juni.

Das natürliche Verbreitungsgebiet dieser Pflanze reicht vom westlichen Nordamerika (Alaska bis Colorado), über die Alpen bis nach West- und Mittelasien. Vorkommen in Deutschland finden sich in den Alpen, auf Silikatfelsfluren an den oberen Saalehängen und im Harz.

Der relativ hohe Bekanntheitsgrad von *A. alpinus* schlägt sich auch in der häufigen Berücksichtigung bei der Darstellung von Produktionsalternativen oder der Empfehlung für anbauwürdige Topfstauden nieder. Es ist aber dennoch zu konstatieren, daß diese Kultur im Vergleich zu den in großer Stückzahl produzierten Topfstauden wie Primeln, Astilben, *Saxifraga* aber auch *Aster novi-belgii* und *Aster dumosus* bis zum heutigen Zeitpunkt nur eine untergeordnete Stellung bei der Sortimentsbereicherung spielt.

Aster alpinus ist derzeit ein Produkt des Staudenfachhandels, das überwiegend ohne spezifische Steuerungsverfahren als Pflanzware gehandelt wird. Obwohl *A. alpinus* mitunter auch als geeignet für den Staudenschnitt dargestellt wird, hat diese besondere Verwendungsweise zur Zeit keine Bedeutung (GANSLSMEIER und HENSELER, 1985).

Für die Aussaat dieser Stauden wird eine Zeitspanne von Dezember bis Juni angegeben. Die Keimung erfolgt bei Temperaturen von 15° C nach 14 bis 20 Tagen. Der Temperaturbereich von 12 – 15° C wird für die Weiterkultur empfohlen (BENARY, 1998).

Aster alpinus überwintert im belaubten Zustand, wobei die durch Langtagsbedingungen besonders gestreckten Blätter zum Teil verbräunen. Diese Belaubung verbleibt an der Pflanze und bildet eine schützende „Strohtunika“ um die grünen Sproßknospen. Ab Mitte April sind in der Blattrosette fertig ausdifferenzierte Blütenknospen makroskopisch erkennbar. Innerhalb der folgenden vierzehn Tage strecken sich die Stiele der Blütenstände. Die Blühdauer beträgt sechs bis acht Wochen.

Die Kulturdauer bis zur verkaufsfertigen Jungpflanze ist mit 7 Monaten um 2 Monate länger als die *A. tongolensis* und um 3 Monate länger als die von *A. novi-belgii* und *A. novae-angliae* (Fa. BENARY, 1998).

3 Problemstellung

Nach der Auswertung der Ergebnisse der Literaturrecherche muß eingeschätzt werden, daß zum Wachstums- und Entwicklungsrhythmus von *Aster alpinus* nur wenige Erkenntnisse vorliegen. Im Zuge dieser Recherche zeigte sich auch, daß Untersuchungsergebnisse bei einzelnen Arten kaum verallgemeinerungsfähig sind und eine Ableitung auf weniger untersuchte Staudenarten nicht gestatten.

Für die Darstellung eines zusammenhängenden Wachstums- und Entwicklungsmodells für *A. alpinus* ist die recherchierte Datenbasis nicht ausreichend. Um die Entwicklungsstadien charakterisieren zu können, muß vor allem der Zeitpunkt der Blüteninduktion und –differenzierung, das Kältebedürfnis und die Abfolge der vegetativen und generativen Entwicklung präzisiert werden. Relativ wenige Veröffentlichungen existieren auch zu den Einsatzmöglichkeiten von Wachstumsregulatoren im Bereich der Staudenproduktion.

Um *Aster alpinus* als blühende Topfstade wirtschaftlich und mit guter Qualität produzieren zu können, ist daher vorab die Klärung wesentlicher physiologischer und pflanzenbaulicher Fragen eine wichtige Voraussetzung.

Dazu ergeben sich folgende Fragestellungen:

- Wie verläuft die vegetative und generative Entwicklung?
- Wie wirken die Temperaturen auf die vegetative und generative Entwicklung?
- Wodurch ist der Ruheverlauf gekennzeichnet?
- Welche Reaktionen werden durch exogene Cytokininbehandlung hervorgerufen?
- In welchem Zeitraum findet die Blüteninduktion und –differenzierung statt?

4 Zielstellung

Die Untersuchungen zum Wachstums- und Entwicklungsrhythmus haben das Ziel, den Erkenntnisstand bei belaubt überwinternden Stauden mit Frühjahrsblüte zu erweitern und Möglichkeiten zur verbesserten und bedarfsgerechten Blühleistung zu erschließen. Zur Bearbeitung dieser Problemstellung werden folgende Arbeitshypothesen vertreten.

Die Literaturrecherche zu den in den letzten Jahren durchgeführten Untersuchungen zeigte, daß für die Beeinflussung der Ruheperiode und die Vorverlegung des Blühtermins die Absättigung eines Kältebedürfnisses nicht unbedingt notwendig ist. Diese kann aber die Entwicklung der Pflanzen während und nach der Ruhe positiv beeinflussen. Im Rahmen dieser Arbeit soll der Einfluß niedriger Temperaturen und deren Einwirkdauer auf das Einzugsverhalten und die generative Entwicklung untersucht werden.

Um Informationen über den Zeitpunkt der Blüteninduktion und –differenzierung zu erhalten, werden Sproßknospen von *Aster alpinus* in einem Nährmedium kultiviert. Das Verhalten dieser Sproßknospen wird beobachtet, mit dem Ziel den Induktionszeitpunkt anhand des Transplantationstermines zurückverfolgen zu können. Es wird angenommen, daß die Blüteninduktion von *Aster alpinus* schon im Herbst des Vorjahres erfolgt ist. Zur Prüfung dieser Aufgabenstellung wird:

- durch unterschiedliche Entnahmezeitpunkte der Status der Blühbereitschaft im Reagenzglas getestet,
- die Entwicklung der generativen Sproßknospe durch histologische Untersuchungen festgehalten und
- die Überlebensrate der Sproßknospen dokumentiert.

Die Wirkung der Einflußfaktoren Temperatur und Cytokinine auf das vegetative und generative Wachstum der Stauden ist anhand folgender Kriterien zu prüfen:

- Zuwachs der Blätter und Ausbildung lateraler Sproßknospen sowie
- Anzahl und Länge des generativen Sprosses.

Des weiteren ist der Einfluß des Vermehrungsverfahrens hinsichtlich der obengenannten Kriterien zu prüfen. In verschiedenen Versuchsvarianten sollen die aus unterschiedlichen Vermehrungsverfahren gewonnenen Pflanzen verglichen werden.

Aus den Ergebnissen dieser Untersuchungen werden Empfehlungen für die gärtnerische Praxis bezüglich Anzucht- und Kulturverfahren abgeleitet.

5 Material und Methoden

Bei den durchgeführten Einzeluntersuchungen (wie die Behandlung mit Wachstumsregulatoren oder die Kühlung) wurde auf Pflanzenbestände zurückgegriffen, die zuvor unter funktionellen morphologischen Gesichtspunkten beobachtet und bewertet worden waren. Da in den Beschreibungen zu Material und Methoden in den spezifischen Versuchsabschnitten nur in Ausnahmefällen auf den detaillierten Werdegang der jeweiligen Versuchsvariante eingegangen wird, soll nachfolgend der schematische Versuchsaufbau für die einzelnen Vermehrungsvarianten dargestellt werden.

Die in den nachfolgenden Abbildungen Abbildung 5-1, Abbildung 5-2 und Abbildung 5-3 verwendete Codierung der Versuchsvarianten findet sich im Ergebnisteil der Arbeit an den entsprechenden Stellen zur genauen Identifikation wieder.

5.1 Versuchsaufbau

Die generativ vermehrten Bestände wurden aufgrund ihres Umfangs und ihres vergleichbaren Entwicklungszustandes für alle Versuchsvarianten verwendet. Zur Sicherung des Stichprobenumfangs für die statistischen Untersuchungen von mindestens 20 Pflanzen wurde im Zeitraum der Durchführung 1997/98 ein Bestand von 1200 Pflanzen angelegt.

1995	1996	1997	1998	
J F M A M J J A S O N D	J F M A M J J A S O N D	J F M A M J J A S O N D	J F M A M J	Code
	S			70
	S			71
		S T		72

Abbildung 5-2: Versuchsübersicht für *Aster alpinus* aus vegetativer Vermehrung Die schattierten Flächen kennzeichnen den Zeitraum und die Dauer der Kultivierung der Stauden im Gewächshaus. Die aufgeführten Abkürzungen haben folgende Bedeutung: S: Stecklingsvermehrung; T: Topfen

In einer dritten Versuchsreihe wurden die für die Untersuchungen unter In-vitro-Bedingungen aufgesetzten Sproßknospen weiter kultiviert. Nach einer Überführungsphase unter Folie wurden die Asten getopft und durchgängig im Gewächshaus gehalten. Dieser Versuch fand über zwei Winterperioden (1995/96 und 1996/97) statt. Der Pflanzenbestand umfaßte im Verlaufe des gesamten Untersuchungszeitraumes etwa 50 Pflanzen.

1995	1996	1997	1998	
J F M A M J J A S O N D	J F M A M J J A S O N D	J F M A M J J A S O N D	J F M A M J	Code
	6 Wo K			80
	3 Wo K			81
		R		82
T	NULL	NULL		83
	Freiland			84
	8 Wo K			85
	Freiland K			86
	V	P T m. Wurzeln		90
		ohne Wurzeln		91

Abbildung 5-3: Versuchsübersicht für *Aster alpinus* aus In-vitro-Vermehrung Die schattierten Flächen kennzeichnen den Zeitraum und die Dauer der Kultivierung der Stauden im Gewächshaus. Die aufgeführten Abkürzungen haben folgende Bedeutung: T: Topfen, P: Pikieren, K: Kühlung, V: erstmalige Transplantation der Sproßknospen

5.2 Untersuchungen zum Wachstums- und Entwicklungsverlauf

5.2.1 Pflanzenmaterial

Für die Untersuchungen wurde Saatgut der Fa. BENARY verwendet. Für den Vergleich zur vegetativen Vermehrung wurden Stecklinge aus zweijährigen, unter Glas verfrühten Beständen entnommen. Bei der Stecklingsentnahme wurde darauf geachtet, daß zum Entnahmezeitpunkt nicht sichtbar blühinduzierte Stecklinge selektiert wurden, um die vegetative Entwicklung nicht zu beeinträchtigen. Verwendet wurden Kopfstecklinge mit einer definierten Anzahl ausgewachsener Blätter (3 bis 5) und einer gleichmäßigen Länge (5 – 6 cm). Bei dieser Bonitur wurde des weiteren das Frischgewicht der Stecklinge erfaßt. In der folgenden Tabelle sind die verwendeten Größenklassen für die Stecklingsvermehrung dargestellt:

Tabelle 5-1: Klassifizierung des Stecklingsmaterials für die Untersuchungen 1997

	Anzahl der Stecklinge	Gewicht (in g/Steckling)	Länge (in cm)
Gruppierung			
3 – 4 Blätter	88	0,80	5,5
5 – 6 Blätter	88	0,95	6,1
7 – 8 Blätter	88	1,38	6,2

5.2.2 Kulturbedingungen

Die eingangs erwähnten Überschneidungen bei den Sorteneigenschaften und das ausschließliche Angebot von Sortenzüchtungen (keine Wildarten) sind die Gründe für die Wahl einer spezifischen Sorte als bevorzugtes Versuchsobjekt. Bei normaler Entwicklung wies die Sorte 'Happy End' nur geringe Schwankungsbreiten auf und entsprach in ihrer Variationsbreite den anderen geprüften Sorten (JENDE, 1995).

Die Beobachtung von Sämlings- und Stecklingspflanzen erfolgte über einen Zeitraum von 3 Jahren (09/1995-06/1998). Die Gestaltung der Kulturbedingungen richtete sich nach dem jeweiligen Untersuchungsziel und den Entwicklungsstadien der Pflanzen.

Die Anzucht der Sämlinge und Stecklinge erfolgte in einfachverglasten Gewächshäusern auf Tischen. Sämlinge und Stecklinge wurden in verschiedenen Sätzen kultiviert. Als Substrat wurde ein Gemisch aus Torfkultursubstrat (TKS 1, Fa. KLASMANN) und Perlite im Verhältnis 3 : 1 verwendet; die Aussaaten wurden zusätzlich mit einer Deckschicht aus Sand versehen. Präventiv gegen Pythium- und Phytophthorabefall wurde die Aussaat mit Previcur N (Fa. AGREVO) 0,25 %ig angegossen. Die Aufstellung der Saatkisten zur Keimung erfolgte bei einem Temperaturniveau von 18-20°C. Nach erfolgter Keimung wurde die Temperatur auf 15°C gesenkt.

Die Stecklinge wurden ebenfalls mit Previcur N angegossen, jedoch in einer schwächeren Konzentration (0,15%ig). Die Vermehrungspaletten wurden in den ersten 3 Wochen bei 18°C und später bis zum Topfen ebenfalls bei 15°C aufgestellt.

Mit durchschnittlich 3 bis 4 entwickelten Blättern wurden die Sämlinge etwa 4 Wochen nach der Aussaat pikiert und Anfang Juli mit 8 bis 10 entwickelten Laubblättern in 9 cm Kunststofftöpfe getopft. Zu diesem Zeitpunkt haben die Pflanzen überwiegend nur einen Sproß. Das Topfen der Stecklinge erfolgte 6 Wochen nach der Stecklingsvermehrung. Zu diesem Zeitpunkt weisen die meist einsprossigen Stecklinge etwa 6 bis 10 Blätter auf.

In Abhängigkeit von den Untersuchungsvarianten wurden die Pflanzen entweder in einfachverglasten Gewächshäusern auf Tischen aufgestellt oder wurden aus Gründen der Kultursicherheit in Grundbeeten eingesenkt. Im Freiland wurden die Pflanzen mit den Töpfen grundsätzlich in den gewachsenen Boden eingesenkt. Die Standdauer der Versuchsvarianten betrug 2 Vegetationsperioden.

Detaillierte Kulturtermine für die in den einzelnen Untersuchungsjahren vorgenommenen Maßnahmen sind in der Anlage A1 aufgeführt. Diese Termine entsprechen den allgemeinen Empfehlungen der Saatgutfirmen (Fa. BENARY, 1997, Fa. JELITTO, 1996).

Die Solltemperaturen nach der Keimung oder Bewurzelung betrugen 15°C. Der Temperaturverlauf in den Phasen nach erfolgter Jungpflanzenetablierung ergab sich weitestgehend aus dem natürlichen Witterungsverlauf im Freiland bzw. aus dem Temperaturverlauf in den Gewächshäusern. In den Wintermonaten wurden die Gewächshäuser frostfrei gehalten; die Solltemperatur betrug 5°C. Die Temperaturmeßwerte wurden von der am Standort Köpenick befindlichen Wetterstation übernommen. Erfasst wurde fortlaufend die Lufttemperatur in 2 m Höhe in einem Intervall von 20 min.

Die Bewässerung der Pflanzenbestände erfolgte in den Häusern und auch im Freiland durch eine Bewässerung mit Handbrause bedarfsabhängig.

Aus den Ergebnissen der Bodenuntersuchungen wurde der Düngebedarf der getopften Pflanzen abgeleitet. Verabreicht wurden je Vegetationsperiode etwa 2 bis 3 Düngegaben Wuxal (0,1%ig) oder Mannalin rot (0,1%ig).

5.2.3 Untersuchungsmethodik

Der Bestandsaufbau für alle Versuche mit den jeweiligen Varianten sah einen Stichprobenumfang von mindestens 20 Pflanzen je Variante vor. Durch Kulturfehler konnte dieser Vorgabe in wenigen Fällen nicht entsprochen werden. In den Auswertungen der Varianten wird darauf gesondert verwiesen. Der Gesamtbestand ein- und zweijähriger Pflanzen wies während des gesamten Untersuchungszeitraumes einen Umfang von etwa 2.500 Pflanzen auf.

Die laufenden Beobachtungen der äußerlich sichtbaren Veränderungen erfolgten in einem ein- bis dreiwöchigem Zähl- und Meßrhythmus. In die Erfassung gingen der Pflanzendurchmesser, die Anzahl der Sprosse (soweit sinnvoll), die Anzahl und der Status der ausgebildeten Blüten ein

5.3 Histologische Untersuchungen

5.3.1 Pflanzenmaterial

Die Umstimmungsphase der vegetativen Sproßknospen in die reproduktive Phase wurde durch histologische Untersuchungen gesondert erfaßt. Dazu wurden ab dem 15.09. in vierzehntägigem Abstand Sproßknospen von Freilandpflanzen entnommen. Zur Vorbereitung auf die Einbettung wurden diese mit einer Rasierklinge weitestgehend entblättert.

5.3.2 Untersuchungsmethodik

Zur Fixierung der entblätterten Sproßknospen wurde eine AFE-Lösung (100 ml) hergestellt. Diese bestand aus 9 Teilen Ethanol (50%ig), 0,5 Teilen Formalin (34%ig) sowie 0,5 Teilen Eisessig (40%ig). Die Sproßknospen wurden anschließend zur Entlüftung bei 15 °C 24h (dunkel) im Fixiergemisch aufbewahrt.

Die Spülung der Präparate erfolgte im Anschluß an die Fixierung in einer aufsteigenden Alkoholreihe. Nachfolgend ist die Abfolge dargestellt:

- 50%iges Ethanol	120	min
- 70%iges Ethanol	60	min
- 70%iges Ethanol	30	min (2 x)

Nach der Entnahme aus der 70 %igen Ethanollösung wurden die Sproßknospen in folgenden Lösungen inkubiert:

- 2-Ethoxyethanol (10 ml)	120	min
- 96%iges Ethanol (10 ml)	120	min
- Vorbereitungslösung–Ethanol (96%ig)–Gemisch (1:1)	120	min
- Vorbereitungslösung	24	h

Zur Herstellung der Vorbereitungslösung wurden 100 ml Hauptlösung mit 1 g pulverförmigem Härter 1 (beides Technovit 7100; Fa. HERAEUS-KULZER-GmbH) gemischt.

Als Einbettmittel wurde die Vorbereitungslösung benutzt, mit der infiltriert wurde. In 10 ml Vorbereitungslösung wurde 1 ml Härter II (Technovit 7100; Fa. HERAEUS-KULZER-GmbH) unter Vermeidung von Luftblasen eingerührt. Die fertige Lösung wurde mittels Pipette in die Form gegeben. Nach etwa 4 min war die Lösung ausreichend viskos, so daß die Sproßknospen in der Form stabil positioniert werden konnten. Bei Raumtemperatur (20 °C) waren die Proben nach 24 h homogen polymerisiert.

Die Befestigung der Probe am Histobloc erfolgte mit Technovit 3040 (Fa. HERAEUS-KULZER-GmbH). Dazu wurde die rückseitige Vertiefung des Histobloc bis etwa 2 mm über den Blockboden ausgegossen. Nach einer Polymerisationsdauer von 1 h wurden die schneidfähigen Proben aus den Histoblöcken gehebelt.

Die Blöcke wurden mit einem Mikrotom (Fa. REICHERT-JUNG) in einer Stärke von 5 µm geschnitten, in einem Wasserbad gestreckt und auf Objektträgern fixiert. Zur Einfärbung wurden die Objektträger für 5 min in Toluidinblau eingestellt und nach der Behandlung solange mit Aqua dest. gespült, bis sich keine Farbstoffwolken mehr lösten. Anschließend wurden die Objektträger kurz (10 – 15 sec.) in Lugolsche Lösung gestellt und danach in Leitungswasser ausgiebig gewaschen. Die Präparate wurden abschließend auf einer Heizplatte bei 60 °C getrocknet.

5.4 Untersuchungen in der In-vitro-Kultur

5.4.1 Pflanzenmaterial

Um den Beginn der Ruhe und der Blütenentwicklung zeitlich besser eingrenzen zu können, wurden ab Mitte September Sproßknospen aus dem Freiland in die In-vitro-Kultur überführt. Das Ausgangsmaterial entstammte zum Teil selbst aus mikrovermehrten Beständen oder aus generativer Vermehrung.

5.4.2 Untersuchungsmethodik

Die Sproßknospen wurden zunächst von allen ausdifferenzierten Blättern befreit und in einer Lösung mit 3 % NaOCl und 0,01 % Tween-20 sterilisiert. Dazu wurden die Sproßknospen etwa 20 min in der Lösung bewegt und danach 5 min in Aqua dest. gewaschen.

In vierzehntägigem Rhythmus wurden 5 bis 10 mm lange Sproßsegmente auf frischen Nährboden transplantiert. Aufgrund der relativ großen Kontaminationsgefahr wurden die Sproßsegmente einzeln in Reagenzgläsern (150 x 25 mm), die 30 ml Nährmedium enthielten und mit Aluminiumfolie verschlossen wurden, kultiviert.

Tabelle 5-2: Zusammensetzung der verwendeten Nährmedien (Angaben in mg/l Medium)

	Transplantation zur Kontrolle der Blühinduktion	In-vitro-Bewurzelung
Substanz		
Anorgan. Makronährstoffe*		
KH ₂ PO ₄	170,0	170,0
CaCl ₂ x 2 H ₂ O	440,0	440,0
MgSO ₄ x 7 H ₂ O	370,0	370,0
NH ₄ NO ₃	1650,0	1650,0
KNO ₃	1900,0	1900,0
Na ₂ x EDTA	37,3	37,3
FeSO ₄ x 7 H ₂ O	27,8	27,8
Anorgan. Mikronährstoffe*		
MnSO ₄ x 4 H ₂ O	22,3	22,3
ZnSO ₄ x 4 H ₂ O	8,6	8,6
CuSO ₄ x 5 H ₂ O	0,025	0,025
CoCl ₂ x 6 H ₂ O	0,025	0,025
H ₃ BO ₃	6,2	6,2
Na ₂ MoO ₄ x 5 H ₂ O	0,25	0,25
Fe	5,0	5,0
sonstige organische Substanz		
myo – Inositol	100,0	100,0
Thiamin – HCl	2,5	2,5
Pyridoxin – HCl	0,2	0,2
Biotin	0,2	0,2
Indol-3-essigsäure (IES)	0,05	
6-Benzylaminopurin (BAP)	0,5	
Indol-3-buttersäure (IBS)		0,25
C – Quelle		
Saccharose	30.000,0	30.000,0

* Makro- und Mikronährstoffzusammensetzung nach MURASHIGE und SKOOG (1962)

Alle Nährmedien wurden mit 7 g/l Agar angereichert. Der pH-Wert wurde vor dem Autoklavieren auf 5,8 eingestellt. Die Nährmedien wurden 15 min bei 120°C autoklaviert.

Die Kulturen wurden bei 24°C ± 2°C und einer Photoperiode von 16 h herangezogen. Als Lichtquelle diente Weißlicht (Philips TLD 36 W/33, kaltweiß; 50 µmol m⁻² s⁻¹ PAR)

5.5 Untersuchungen zum Einfluß von Cytokinin

5.5.1 Pflanzenmaterial

Das verwendete Cytokinin 6-Benzylaminopurin wurde ausschließlich bei Pflanzen aus generativer Vermehrung angewendet. Der Aussaatzeitpunkt für diese Varianten war 15.02.1997. Bis zum Behandlungsbeginn Anfang Juni hatten die Pflanzen durchschnittlich 1,9 Sproßknospen (Standardabweichung: 1,67) und etwa 7 bis 10 entwickelte Blätter.

Während der Behandlungsphase standen die Pflanzen in Multitopfpaletten (\varnothing 9 cm) auf dem Gewächshausboden.

5.5.2 Kulturbedingungen

Die Anzucht und Etablierung der Pflanzenbestände erfolgte unter den gleichen Kulturbedingungen, wie sie im Abschnitt 5.2 dargestellt sind. Die Solltemperatur im Gewächshaus während und nach der Behandlungsphase sollte den natürlichen Bedingungen entsprechen; zeitweilig kam es aber zu wesentlich stärkerer Erwärmung. Dabei wurden Temperaturen bis zu 39° C gemessen.

Während der Applikation wurden die Pflanzenbestände der jeweiligen Variante voneinander abgeschildert, um die Exaktheit der Versuchsergebnisse zu gewährleisten.

5.5.3 Untersuchungsmethodik

Das verwendete 6-Benzylaminopurin (BAP) wurde in wenigen Tropfen 1N NaOH gelöst und mit Wasser so aufgefüllt, daß nach Neutralisation mit Salzsäure (1 N) eine Stammlösung der Konzentration von 1 mg/ml vorlag. Mit dieser Stammlösung wurden Lösungen unterschiedlicher Konzentration angesetzt: 15 mg/l, 20 mg/l und 25 mg/l BAP. Den Lösungen waren drei Tropfen Tween 20 pro Liter als Netzmittel zugesetzt worden.

Die Applikation der Lösung erfolgte mittels Besprühen in den frühen Morgenstunden oder abends. Der Zeitraum der Behandlung war der 05.06.1997 bis zum 16.07.1997. Die Pflanzen wurden über einen Zeitraum von 6 Wochen zweimal je Woche tropfnaß besprüht. Im Anschluß an die Behandlung wurden die Pflanzen in 9 cm Töpfe getopft und im Freiland ausgestellt.

Während und nach der Behandlung wurde die Anzahl der Sproßknospen und der Durchmesser der Pflanzen erfaßt. In den Erfassungszeitraum hinein fällt auch die Ausbildung der Infloreszenz der untersuchten Pflanzen.

5.6 Untersuchungen zum Einfluß der Kühlung auf die Blütenbildung und -qualität

5.6.1 Pflanzenmaterial

Für die Untersuchungen zum Einfluß der Kühlung auf die Blühstimulierung und die Blütenentwicklung wurden ab dem dritten Quartal der Jahre 1995 und 1997 einjährige Pflanzen aus den Beständen entnommen. Diese wiesen im Vorfeld der Versuche schon ein unterschiedliches Entwicklungsstadium auf, welches durch unterschiedliche Vermehrungstermine und unterschiedliche Behandlungen (z. B. mit BAP) während der Kultur erreicht wurde.

Ein Vergleich mit der natürlichen Entwicklung wurde durch die Pflanzenbestände im Freiland und gestaffelten Einräumenterminen aus dem Freiland in das Gewächshaus erzielt.

5.6.2 Kulturbedingungen

Die kontrollierte Kühlung der Pflanzen erfolgte in Kühlkammern mit einer Gebläsekühlung und einer täglichen, achtstündigen Zusatzbelichtung (Fa. NARVA, LS 65 neuweiß deluxe 21, 65 W). Da sich die Pflanzen zum Zeitpunkt des Einräumens in die Kühlkammern im belaubten Zustand befanden, konnte auf eine zeitlich befristete Zusatzbelichtung nicht verzichtet werden. Die Wärmeentwicklung durch das Lampenlicht verursachte einen verstärkten Kühlbedarf und damit verbunden, einen verstärkten Ventilatorbetrieb. Der dabei entstehende Luftzug führte zur verstärkten Austrocknung der Töpfe und partiellen Ausfällen. Diese ergaben sich zum einen aus der Austrocknung und zum anderen aus der zusätzlichen Bewässerung, die zur Kompensation des entstandenen Wasserverlustes gedacht war (Vernässungsschäden).

Die Freilandbestände, die zu unterschiedlichen Terminen in die Gewächshäuser geräumt wurden bzw. die im Freiland verblieben, standen während der gesamten Winterperiode auf Beeten in eingesenkten Töpfen.

Nach der Kühlung wurden die Pflanzen in Gewächshäuser geräumt und dort im Grundbeet eingeschlagen. Die Solltemperatur lag bei etwa 10-12 °C. Durch den äußeren Witterungseinfluß bedingt kam es aber bereits zu sehr starken Erwärmungen im Gewächshaus, bei der ab der 14. KW Tagesdurchschnittstemperaturen von mehr als 18°C gemessen worden sind.

5.6.3 Untersuchungsmethodik

Für die Untersuchungen mit kontrollierter Kühlung wurden aus den vorhandenen Pflanzenbeständen mindestens 10, aber maximal 20 Pflanzen aus den Beständen entnommen und in den Kühlraum geräumt. Parallel wurde dazu eine Kontrollvariante im Freiland belassen (Code 10-13, Code 30-67).

Die Pflanzen wurden zu einem einheitlichen Zeitpunkt in die Kühlzelle eingeräumt und nach entsprechender Kühldauer gestaffelt entnommen. Die Mindestkühldauer betrug 3 Wochen; die maximale Dauer 8 Wochen.

Als Kühltemperaturen wurden sowohl in der Kühlzelle als auch im Freilandvergleich Temperaturen unter 2°C festgelegt.

Nach der vorgesehenen Kühldauer wurden die Pflanzen aus dem Kühlraum und aus dem Freiland in einfach-verglaste Gewächshäuser geräumt. Dort erfolgte bis zur vollständigen Entwicklung der Blütenstände die Bonitur der Sproßknospen- und Blattentwicklung sowie der Blütenbildung.

5.7 Statistische Auswertung

Die statistischen Auswertungen erfolgten mit linearen Regressionsrechnungen. Die Untersuchungen auf Gleichheit der Gruppenvarianzen erfolgten mit der Levene-Statistik. Mehrfachvergleiche und Spannweitentests bzw. Tests auf Mittelwertdifferenzen wurden mit den nach Tukey-HSD, Bonferroni und Scheffe benannten Prozeduren durchgeführt. Die signifikanten Unterschiede sind mit dem Symbol * gekennzeichnet und bei den entsprechenden Tabellen bzw. Abbildungen angegeben.

Mit der Software StatGraphics wurden die Meßwerte ein- und zweifaktoriell varianzanalytisch mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5% verrechnet. Bei mehrfaktoriellen Versuchen wurden die Ergebnisse auf bestehende Wechselwirkungen geprüft.

Für die Überprüfung der durchschnittlichen symptomfreien Periode (keine Verpilzung, keine „Entkräftungsercheinungen“) für verschiedene In-vitro-Sätze wurde eine Überlebensanalyse angewendet. Die Auswertung der Versuchsergebnisse erfolgte mit der Log-Rank- und Breslowmethode.

6 Ergebnisse

6.1 Beobachtungen zur Keimung und postembryonalen Phase

Die Samen von *Aster alpinus* weisen eine Länge von 3-5 mm und eine Breite von etwa 1-2 mm auf. Das Tausendkorngewicht von *Aster alpinus* beträgt 5 g, die Keimfähigkeit des Saatguts 92 % (E. BENARY, 1994).

Die Keimung und der Austrieb der Keimblätter findet innerhalb von 14 Tagen statt. Da die Samenschalen von *A. alpinus* sehr widerstandsfähig gegenüber mechanischen Einwirkungen sind, erfolgt die Keimung erst nach der Zerstörung der Samenschale. Ein neben den mechanisch-morphologischen Schutzmechanismen bestehender physiologischer Schutzmechanismus (z. B. Keimrhythmik) ist bei *A. alpinus* nicht bekannt.

Die Keimung beginnt zunächst mit einer Quellung des Sameninhaltes, die zu einer Sprengung der selbst nur wenig quellfähigen Samenschale führt. Aus der "Stielnarbe" treten nach etwa 2 bis 3 Tagen die ersten Keimlingswurzeln aus. Nach 4 Tagen weisen 60 % und nach 5 Tagen 80 % der Samen eine kegelige, fast zylindrische, 3-5 mm lange Keimwurzel auf.

Nach 8 Tagen erscheinen die ersten Keimblätter, die sich in den nächsten 48 Stunden vollständig entfalten. Durch ein verstärktes Wachstum der zum Hypokotyl geneigten Seite und durch die Entfaltung der ineinander liegenden Keimblätter kommt es zum Abstreifen der Samenschale. Das Auseinanderfalten der Keimblätter, meist nach etwa zwei Tagen abgeschlossen, führt innerhalb kürzester Zeit zu einer Assimilationsfläche. Etwa 1 bis 3 Tage nach Entfaltung der Keimblätter ist der Vegetationspunkt makroskopisch erkennbar, aus dem sich später die Primärblätter entwickeln. Bereits die Primärblätter weisen eine leichte Behaarung der Oberfläche auf.

Das Hypokotyl der Sämlingspflanzen von *A. alpinus* ist anfänglich rot gefärbt und verblaßt im Übergangsbereich zur Wurzel mehr und mehr.

6.2 Jungpflanzenentwicklung

Auch im weiteren Verlauf der Entwicklung kommt es zu keiner nennenswerten Streckung der Sproßachse. Die Gliederung der Sproßachsen in Nodien und Internodien ist bereits im Apex angelegt (SCHOPFER und BRENNICKE, 1999). Generell bleiben die Internodien so gering entwickelt, daß die Blattanlagen sehr dicht beieinander stehen. Schon im ersten Übergang vom Keimblatt zum Primärblatt wird die Endknospe durch das scheidenförmige Unterblatt eingehüllt. Dieser Schutzmantel löst sich dann jeweils durch die weitere Entwicklung eines Folgeblattes vom Spitzenbereich der Endknospe.

A. alpinus weist eine disperse Blattstellung auf. Durch die schraubige Anordnung der Blattorgane wird eine vollständige Einhüllung des Spitzenmeristems gewährleistet. Der Blattansatz wandert jeweils um 1-2 mm in Wuchsrichtung spitzenwärts.

6.3 Blattentwicklung

Das Blattprimordium entwickelt sich zunächst durch die weitere Streckung des Blattstieles und Chlorophyllbildung im Spitzenbereich des Blattes. Die kurzzeitig andauernde Streckung des Unterblattes wird durch ein verstärktes Längenwachstum des Oberblattes abgelöst. Zunächst wird hauptsächlich die Mittelrippe des Blattes, als Fortsetzung des Blattstiels, gestreckt. Ab dem Erreichen der Hälfte der endgültigen Blattlänge beginnt das Breitenwachstum der Blätter, hauptsächlich durch ein in den Interkostalfeldern stattfindendes Flächenwachstum (longitudinale Ausdehnung) mit anschließender Laminarentwicklung.

Die Nervatur des Blattes ist durch die Fortsetzung der Blattachse in Längsrichtung geprägt. Parallel zu den Rändern des Blattes verläuft auf jedem Spreitenflügel eine stärker in Erscheinung tretende Blattader, die durch Verzweigungen mit der Mittelrippe und den Randstreifen des Blattes eine Versorgungsfunktion erfüllt. Die Verzweigungen selbst münden nahe des Blattgrundes in die Hauptachse des Blattes ein.

Am Blattstiel befinden sich Anhangsgebilde in Form toter Haare. Diese sind auch auf der Blattoberfläche und den Blatträndern gut erkennbar, während diese auf der Blattunterseite in wesentlich geringerer Dichte vorkommen. Der Verdunstungsschutz und eine verstärkte Lichtreflexion sind die dahinter stehenden Funktionen (REISIGL und KELLER, 1987).

Nach 50 bis 60 Tagen haben die Pflanzen etwa 7 bis 10 Laubblätter entwickelt. Ab diesem Stadium erfolgt die Ausbildung erster Nebensprosse. Die Entwicklung eines lateralen Verzweigungssystems beginnt dabei regelmäßig in einem Abstand von 1-2 cm von der Sproßspitze abwärts. Durch die geringe Größe der Pflanzen aber meist in direkter Nähe des Wurzelhalses. Es handelt sich somit bei *A. alpinus* um einen basitonen Verzweigungstyp.

Die den Keimblättern zunächst folgenden zwei Laubblätter sind weniger lang, an der Spitze abgerundet und weisen eine eingesunkene Blattspitze auf. Die nachfolgenden Laubblätter sind annähernd gleichgestaltig und lanzettlich. Mit zunehmendem Abstand von der Apikale werden sie größer.

6.4 Einfluß unterschiedlicher Vermehrungstermine und –verfahren auf die vegetative Entwicklung

6.4.1 Generative Vermehrung

Der Vergleich der vegetativen Entwicklung für verschiedene Vermehrungstermine und –verfahren zeigt nur geringfügige Unterschiede an, die in keinem der Fälle signifikante Abweichungen aufwiesen.

Generativ vermehrte *Aster alpinus* haben nach 220 Tagen ab dem Aussaatzeitpunkt einen Pflanzendurchmesser von 20,35 cm (15.02.1996) bzw. 20,09 cm (06.03.1996) erreicht. Zu jedem Boniturtermin wurde der Durchschnitt und der Standardfehler berechnet. In 95 % aller Messungen war der Durchschnitt μ durch diesen Bereich abgedeckt.

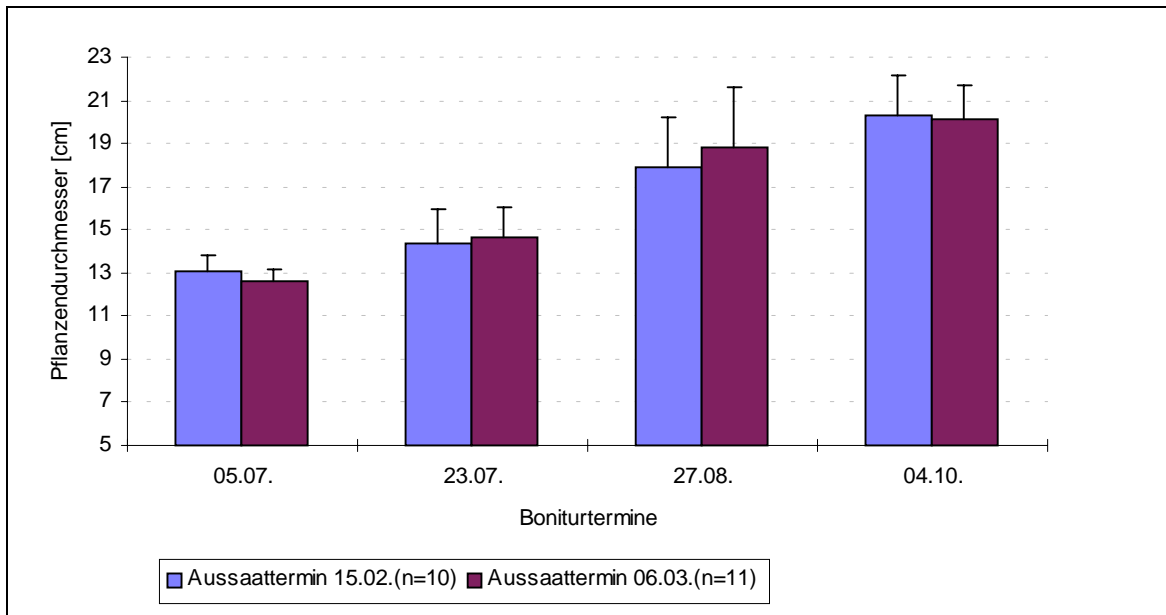


Abbildung 6-1: Einfluß verschiedener Aussaattermine auf die Entwicklung des Pflanzendurchmesser bis zum Eintritt in die Ruhe (Konfidenzintervall (KI) = 95 %)

6.4.2 Stecklingsvermehrung

Obwohl sich die vegetative Entwicklung stecklingsvermehrter Stauden stärker unterschied, waren keine signifikanten Abweichungen (KI_{95}) meßbar. Am Ende der ersten Vegetationsperiode unterschieden sich die Mittelwerte der Probendurchschnitte um 1 cm voneinander.

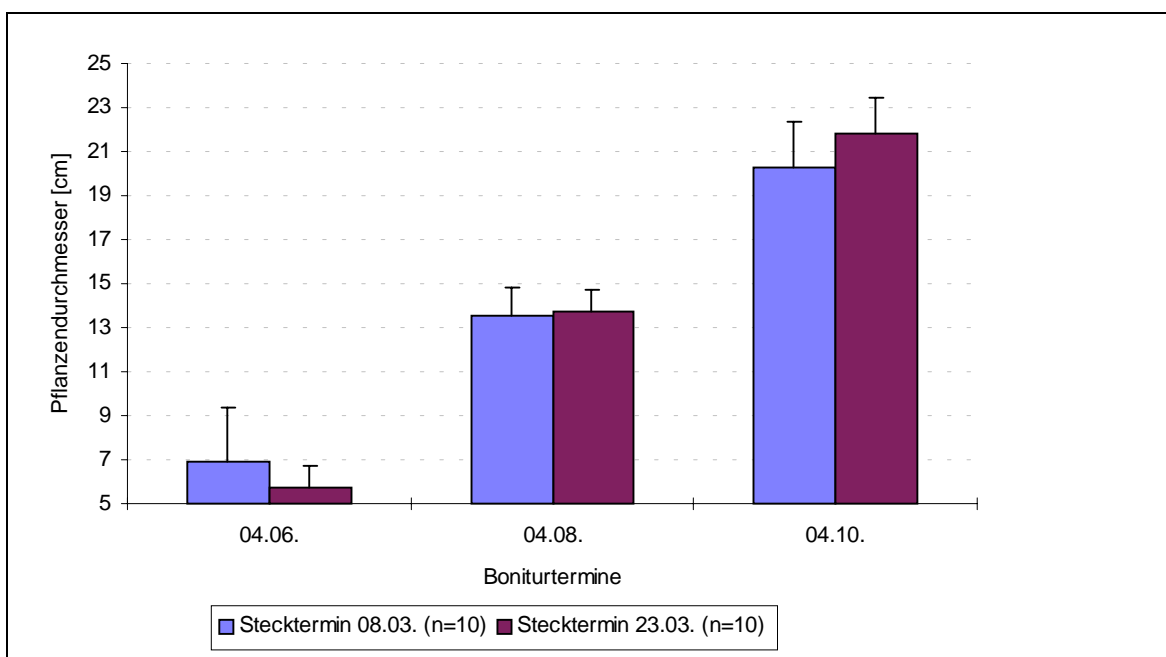


Abbildung 6-2: Einfluß verschiedener Vermehrungstermine (Stecklingsvermehrung) auf die Entwicklung des Pflanzendurchmesser bis zum Eintritt in die Ruhe (KI = 95 %)

Berücksichtigt werden muß in diesem Zusammenhang, daß die Anzahl der Ausfälle am allerersten Vermehrungstermin (15.02.1996) so groß war, daß eine statistische Verwertung nicht sinnvoll war. Am zweiten Vermehrungstermin (08.03.1996) betrug die Verlustrate 50% und am dritten Termin (23.03.1996) 70%.

Diese Verluste waren auf unterschiedliche Ursachen zurückzuführen. Neben den Kulturbedingungen war vor allem, die sich im Apex befindliche, relativ stark differenzierte Blütenanlage die Ursache für Verluste. Die Infloreszenzstreckung verlangsamte bzw. verhinderte die Bewurzelung der Stecklinge. So mußten noch beim Topfen der Pflanzen (etwa 6 Wochen nach dem Stecken) Stecklinge aussortiert werden, die zwar äußerlich vital erschienen, aber bis zu diesem Zeitpunkt noch keine Wurzel ausgebildet hatten.

In einer 1997 vorgenommenen Versuchswiederholung wurde dieser Sachverhalt stärker berücksichtigt. Bei der Entnahme der Stecklinge von der Mutterpflanze wurde darauf geachtet, daß weniger Apikalknospen entnommen wurden. Des weiteren wurden die Stecklinge hinsichtlich der Anzahl ausgebildeter Blätter sortiert, besonders lange Stecklinge eingekürzt und vor dem Stecken in feuchten Tüchern zwischengelagert. Infloreszenzen, die nach dem Stecken sichtbar wurden (5% der Pflanzen), wurden sofort entfernt.

Die Stecklinge waren über einen relativ langen Zeitraum grün und wiesen keine Welkeerscheinungen auf. Ab dem 09.04. (= 48 Tage nach dem Stecken) war eine differenzierte Bestandesentwicklung wahrnehmbar. Bei einigen Stecklingen war die Entwicklung von Laubblättern und die Bildung lateraler Sproßknospen erkennbar. Die Ausfallrate der Stecklinge wurde an drei Terminen bonitiert.

Tabelle 6-1: Einfluß der Stecklingsqualität auf die Bewurzelungsergebnisse anhand der Ausfallrate (absolut / relativ) an drei verschiedenen Boniturterminen

n	Qualitätsparameter			Ausfallrate					
				Anzahl Tage nach dem Stecken					
	Anzahl der Laubblätter	Stecklingsgewicht [g]	Länge [cm]	48		68		103	
				abs.	relativ	abs.	relativ	abs.	relativ
88	3 – 4	0,83	5,5	11	13%	15	17%	57	65%
88	5 – 6	0,95	6,1	7	8%	8	9%	26	30%
88	7 – 8	1,38	6,2	1	1%	2	2%	75	85%

Die Ergebnisse zeigen, daß Stecklinge mit durchschnittlich 5 bis 6 entwickelten Laubblättern und einer Länge von 6 cm die niedrigste Verlustrate aufweisen. Die Ursache für die hohe Ausfallrate in der Gruppe mit 7 bis 8 Laubblättern war ein großer Anteil blühinduzierter Stecklinge, die zum Zeitpunkt der Entnahme von den Mutterpflanzen nicht als solche identifiziert werden konnten.

6.4.3 In-vitro-Vermehrung

6.4.3.1. Überführung in die In-vitro-Kultur

Vitalitätsunterschiede bei der zeitlich versetzten Überführung von Sproßknospen in die In-vitro-Kultur wurden mit einer Überlebensanalyse geprüft. Da die Stauden zu diesem Zeitpunkt bereits in die Ruhephase übergingen, war von besonderem Interesse, inwiefern abgetrennte Organe der Pflanzen davon gleichermaßen betroffen sind.

Bonitiert wurden unter diesem Aspekt die Sproßknospen, deren Absterben nicht auf Pilz- oder Bakterienbefall zurückzuführen war, sondern die ohne erkennbare Ursache vertrockneten. Die Abbildung 6-3: zeigt die Ergebnisse, aus denen zu entnehmen ist, daß die Überlebensdauer der einzelnen Sätze sich signifikant voneinander unterscheidet. Innerhalb der betrachteten Zeitdauer für die einzelnen Sätze kann geschlußfolgert werden, daß spätere Sätze eine höhere Überlebensrate bedingen.

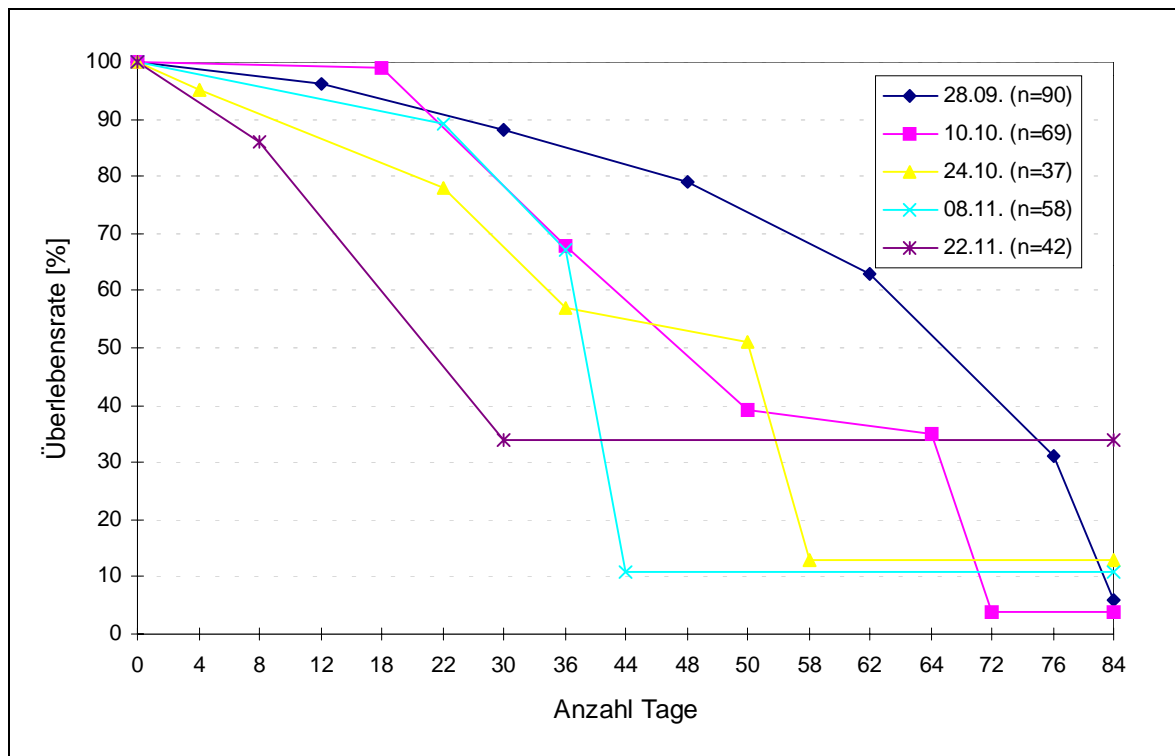


Abbildung 6-3: Einfluß verschiedener Überführungstermine in die In-vitro-Kultur auf die Überlebensrate der Sproßknospen ($n_{\text{ges.}} = 296$)

Die Reaktion in vitro vermehrter Pflanzen und generativ vermehrter Pflanzen wurde aus diesem Grunde gesondert erfaßt. Die aus der In-vitro-Vermehrung stammenden Mutterpflanzen wurden im Oktober des Vorjahres auf Nährmedien etabliert, im März in die Gewächshauskultur überführt und ab Juni im Freiland ausgestellt. Die generativ vermehrten Pflanzen wurden Mitte Februar ausgesät, 4 Wochen später pikiert und nach weiteren 4 Wochen getopft und ebenfalls im Freiland ausgestellt. Die Pflanzen wurden Mitte September in ein schwach geheiztes Gewächshaus gestellt und satzweise für die In-vitro-Kultur beerntet.

Die Auswertung der Ergebnisse zeigte keine signifikanten Unterschiede im Betrachtungszeitraum. In die Erfassung wurden alle Sätze einbezogen, die in vitro und generativ vermehrte Pflanzen enthielten (Abbildung 6-4).

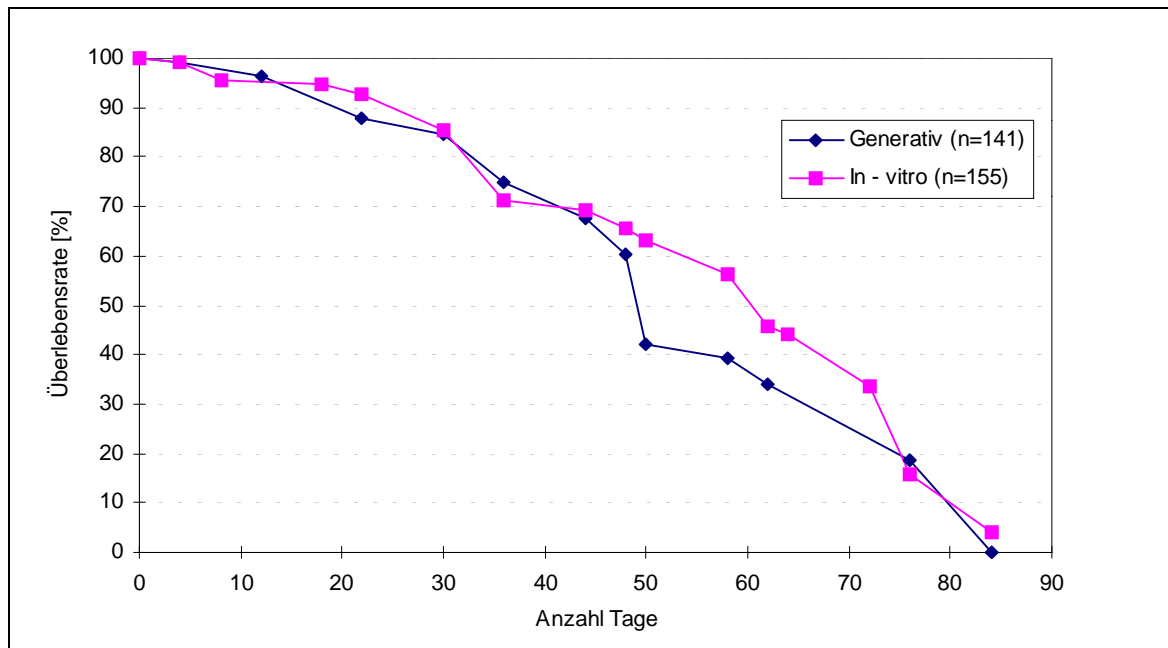


Abbildung 6-4: Einfluß des Vermehrungsverfahrens bei den Ausgangspflanzen auf die Überlebensrate aller Pflanzen nach der Überführung in die In-vitro-Kultur ($n_{\text{ges.}} = 296$)

Die beobachtete Inaktivität der ganzen Pflanze in den Monaten September / Oktober wurde somit auch an dem Unvermögen isolierter Pflanzenorgane (in diesem Fall apikale Sproßknospen) zur Fortsetzung des Wachstums deutlich.

6.4.3.2. Überführung in das Gewächshaus

Durch wiederholte Teilung und Kultivierung auf Nährmedien (B2 bzw. N + 0,5 mg BAP + 0,01 mg IES) wurden am 02.05. 130 Sprosse in das Gewächshaus überführt. Als Substrat diente eine Perlite-Pikiererde-Mischung (1 : 3). Nach einer dreiwöchigen Konditionierungsphase, in der die Pflanzen im Gewächshaus mit einer Folie zusätzlich abgedeckt worden sind (LF 80 – 95 %), wurden diese getopft.

Die Entnahme der Jungpflanzen aus den Pikierpaletten erfolgte am 24.05. Die Ergebnisse der ersten Entwicklung nach der Umsetzung vom Nährmedium in das Substrat waren sehr unterschiedlich. Aus diesem Grund wurden die Jungpflanzen hinsichtlich ihrer vegetativen Entwicklung sortiert. Die Sortierkriterien waren die Bewurzelung und die erste Laubentwicklung (Tabelle 6-2)

Tabelle 6-2: Gruppierung der Sprosse und Bewurzelung in vitro vermehrter *A. alpinus* zum Zeitpunkt der Überführung in Kultursubstrate ($n_{\text{ges.}} = 130$)

Varianten	N		Min.	Max.	Mittelwert	Standardabw.
	absolut	[%]	[cm]	[cm]	[cm]	
Bewurzelt						
bis 2 cm	4	3,1	1,60	1,90	1,75	0,13
2,1 – 4 cm	49	37,7	1,90	4,00	2,96	0,58
4,1 – 6 cm	32	24,6	3,80	6,40	4,74	0,68
Unbewurzelt						
bis 2 cm	8	6,2	1,20	2,00	1,66	0,34
2,1 – 4 cm	27	20,8	2,00	3,70	2,82	0,52
4,1 – 6 cm	10	7,7	4,10	5,20	4,38	0,32

Der Variantenvergleich zwischen unbewurzelten und bewurzelten Pflanzen in den entsprechenden Kategorien bis 2 cm, 2,1 bis 4 cm und 4,1 bis 6 cm erbrachte keine signifikanten Abweichungen. Obwohl zu diesem Zeitpunkt etwa 35% der Pflanzen unbewurzelt waren, unterschieden sich die Pflanzen im weiteren Entwicklungsverlauf nicht wesentlich voneinander.

Bis zum Zeitpunkt der Überführung in die Konditionierungsphase bildeten 85 der insgesamt 130 mikrovermehrten Sprosse Wurzeln aus. Bedingt durch die höhere Lichtintensität im Gewächshaus verzögerte sich die Bewurzelung und führte zu einem uneinheitlichem Bestand. Infolgedessen fielen bis 35 Tage (= 29.06.) nach der Überführung 59 % der bewurzelten und 69 % der unbewurzelten Sprosse aus.

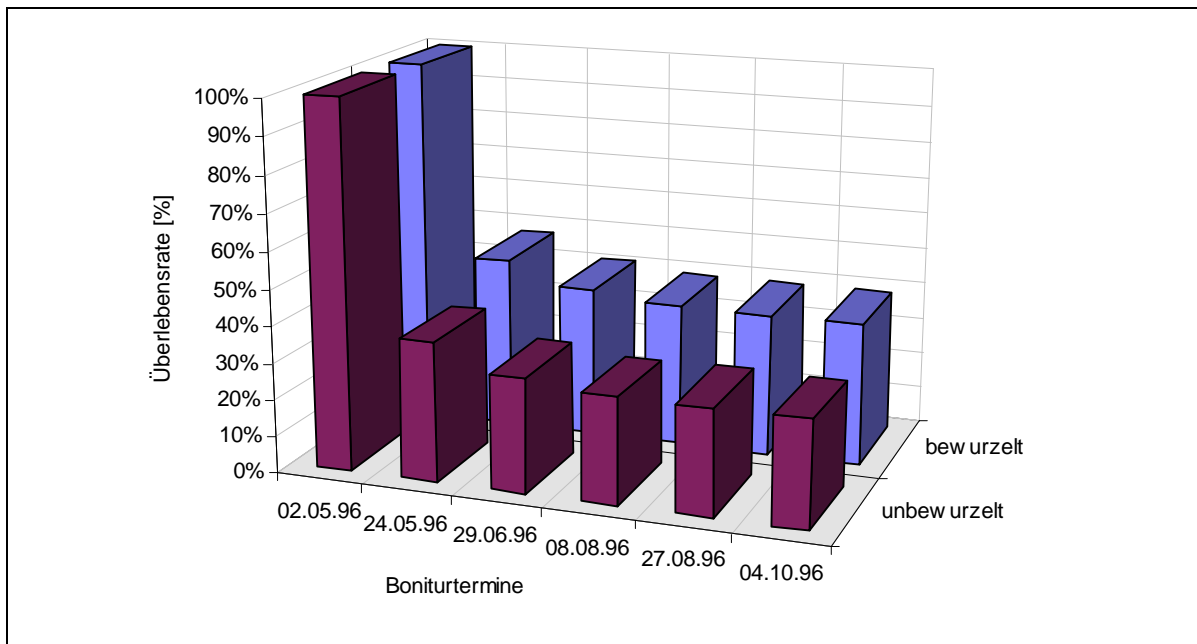


Abbildung 6-5: Einfluß der Bewurzelung zum Zeitpunkt der Überführung (02.05.) auf die Überlebensrate der Sprosse während der ersten vegetativen Phase (Gewächshaus)

Die zum Zeitpunkt der Überführung bewurzelten Sprosse wiesen 1 bis 3 Wurzeln auf, mit einer Länge von 10 bis 70 mm. Die oberirdischen Sproßabschnitte wiesen bei der Entnahme aus dem Reagenzglas keine Verzweigungen auf. Die Sproßlängen der bewurzelten und unbewurzelten Sprossen unterschieden sich nur wenig; der Mittelwert zum Überführungszeitpunkt betrug $43,2 \pm 9,9$ mm.

6.4.4 Vegetative Entwicklung in der juvenilen Phase

Der Vergleich vegetativ (Stecklingsvermehrung) und generativ vermehrter Pflanzen zeigt, daß bis zum Abschluß der betrachteten Vegetationsperiode in drei Varianten sich der Pflanzendurchmesser nicht signifikant unterscheidet. In der Variante „generative Vermehrung v. 06.03.“ waren bei vielen Pflanzen die am stärksten gestreckten Laubblätter vertrocknet. Der statistische Mittelwert für diese Variante weicht um etwa 6,00 cm vom Durchschnitt der anderen Varianten ab.

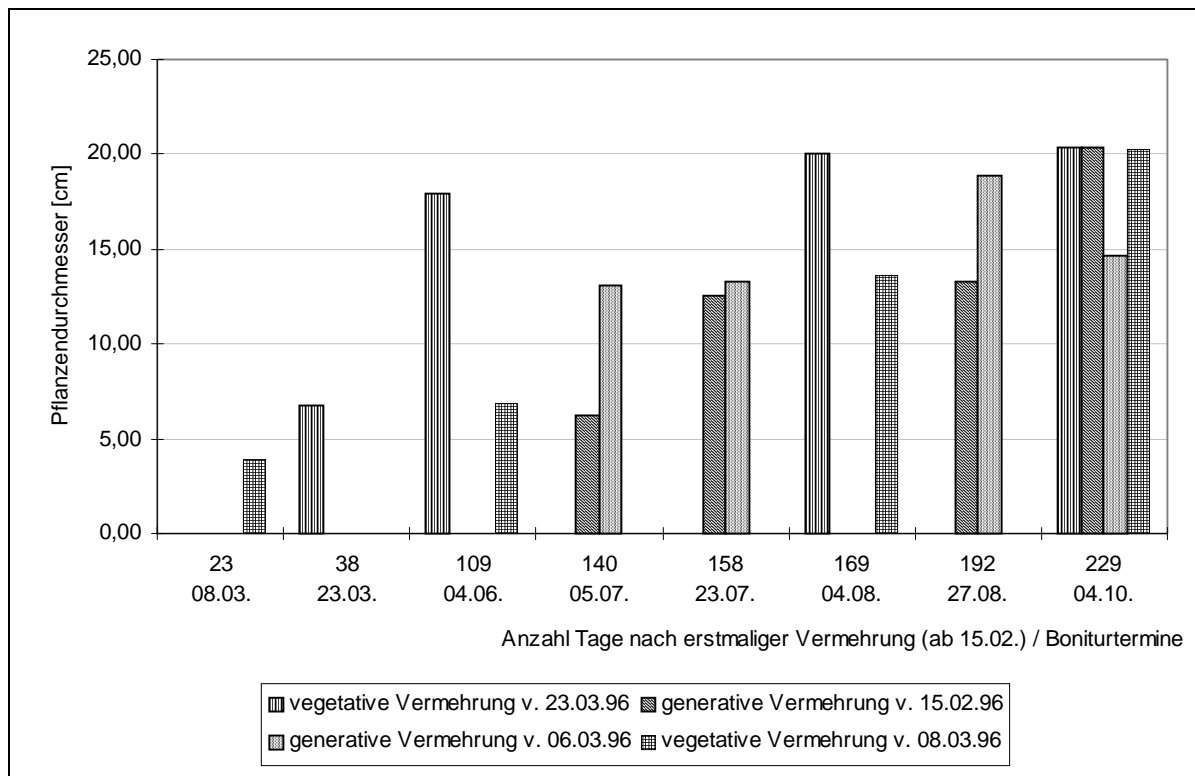


Abbildung 6-6: Vergleich der Entwicklung vegetativ und generativ vermehrter Pflanzen(n = 10).

Für die Produktion blühender Topfstauden ist die Entwicklungsgeschwindigkeit bis zum Erreichen einer definierten Pflanzengröße (z. B. Pflanzendurchmesser) ein wichtiger Qualitätsparameter. Diesbezüglich unterscheiden sich durch Stecklinge oder durch Aussaat vermehrte *A. alpinus* wenig.

Ein weiteres Qualitätskriterium ist die Entwicklung von Apikalknospen und damit die Herausbildung von Verzweigungen. Hierfür wurde mittels einfacher Korrelationsanalysen die Beziehung zwischen Durchmesser und Entwicklung von Seitentrieben untersucht. In diesen Vergleich wurden auch Ergebnisse aus der Bonitur mikrovermehrter Pflanzen einbezogen.

Tabelle 6-3: Zusammenhang zwischen dem Durchmesser der Pflanzen und der Anzahl ausgebildeter Sproßknospen bei unterschiedlichen Vermehrungsvarianten

Vermehrungsvariante	n	Korrelation
Generativ	40	0,882**
Vegetativ (Stecklinge)	34	0,640**
Vegetativ (in vitro)	40	0,669**

** . Die Korrelation (nach PEARSON) ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

Die Korrelation zwischen Durchmesser und Anzahl der Seitentriebe ist bei der generativen Vermehrung vergleichsweise am höchsten. Durch Messung und Verrechnung dieser Boniturwerte zu unterschiedlichen Zeitpunkten konnte die Trendaussage im Diagramm Abbildung 6-6: bestätigt werden. Die sehr enge Beziehung zwischen Durchmesser und Sproßzahl bleibt im Jahresverlauf erhalten (siehe auch Anlage 10).

Etwa 140 Tage nach dem Aussaattermin entwickeln sich aus den Blattachselmeristemen heraus laterale Sproßknospen (Abbildung 6-7). Zu diesem Zeitpunkt weisen die Pflanzen durchschnittlich zehn makroskopisch sichtbare Laubblätter auf.

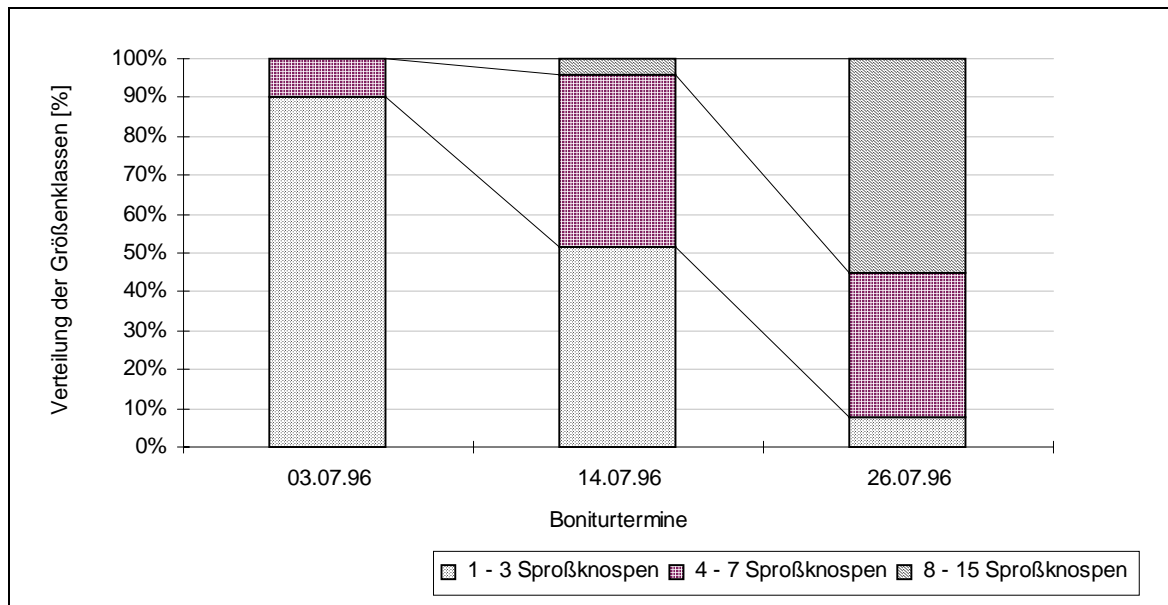


Abbildung 6-7: Ausbildung von Seitensprossen bei generativ vermehrten Pflanzen (Aussaattermin: 15.02.96, n = 40)

Innerhalb eines Zeitraumes von 30 Tagen strecken sich bei 90 % der Pflanzen Lateralknospen zu deutlich erkennbaren Nebensprossen.

Die aus der In-vitro-Vermehrung stammenden Pflanzen wurden zur Bewertung der vegetativen Entwicklung in der Jugendphase einbezogen. Dazu wurden der Pflanzendurchmesser, die Anzahl ausgebildeter Laubblätter und die Anzahl der Sproßknospen ermittelt.

Die in der Überführungsphase bewurzelten und unbewurzelten Sprosse wiesen keine signifikanten Abweichungen (KI = 95 %) bezüglich der Entwicklung des Pflanzendurchmessers auf. Diese Aussage trifft für die gesamte erste Vegetationsperiode bis zum Eintritt in die endogene Ruhephase zu. Daraus kann abgeleitet werden, daß die erst nach dem Pikieren stattfindende Bewurzelung zu keiner Beeinträchtigung des oberirdischen vegetativen Wachstums geführt hat. Keine der überführten Sproßknospen bildete während des Überführungszeitraumes einen Blütenstand aus.

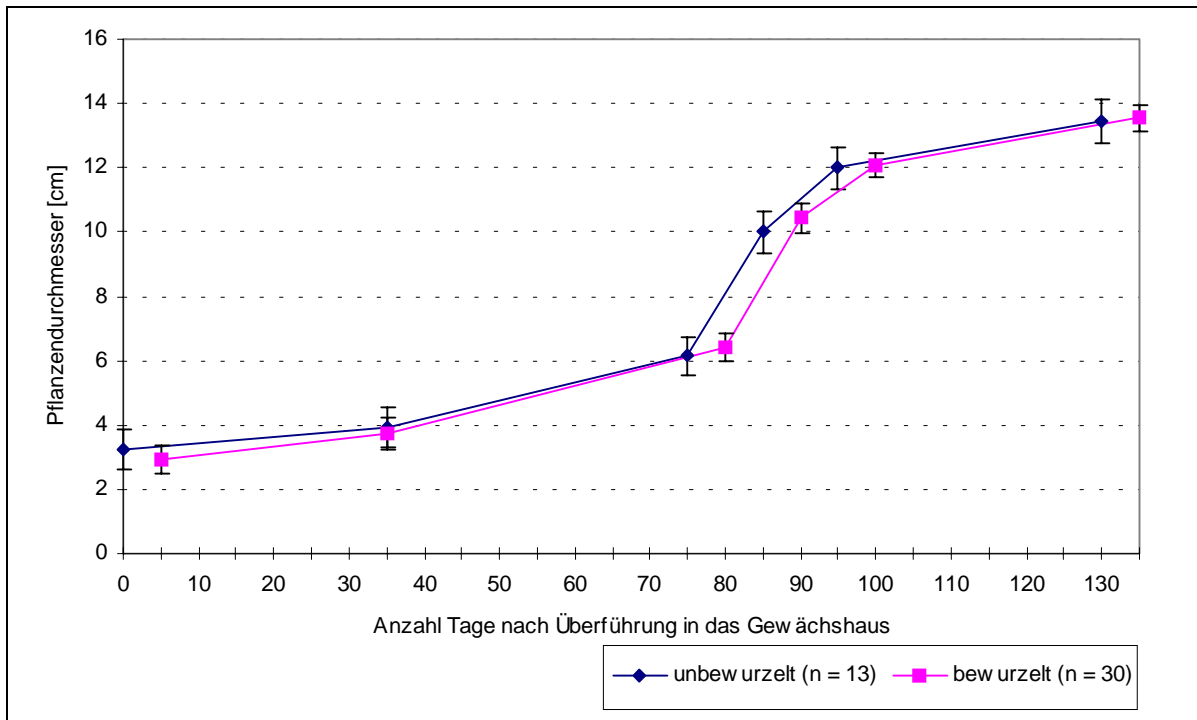


Abbildung 6-8: Wachstumsverlauf der zum Zeitpunkt der Überführung (02.05.) bewurzelten und unbewurzelten Sprosse nach abgeschlossener Konditionierungsphase und Überführung in das Gewächshaus (24.05.)

In dem Zeitraum Ende Juni bis Mitte August vergrößerte sich der Laubdurchmesser im Vergleich zu dem darauffolgenden Zeitraum nur wenig. Dennoch entwickelten sich durch die Ausbildung lateraler Sproßknospen in dieser Phase kräftige, gedrungene und gut verzweigte Pflanzen. Es konnte festgestellt werden, daß eine stärkere Differenzierung hinsichtlich der Anzahl ausgebildeter Sproßknospen ab dem 10. Laubblatt stattfindet. Der Gesamtzusammenhang zwischen der Anzahl ausgebildeter Laubblätter und der Anzahl vegetativer Sproßknospen (Abbildung 6-9) ist trotz großer Streuung der Werte signifikant.

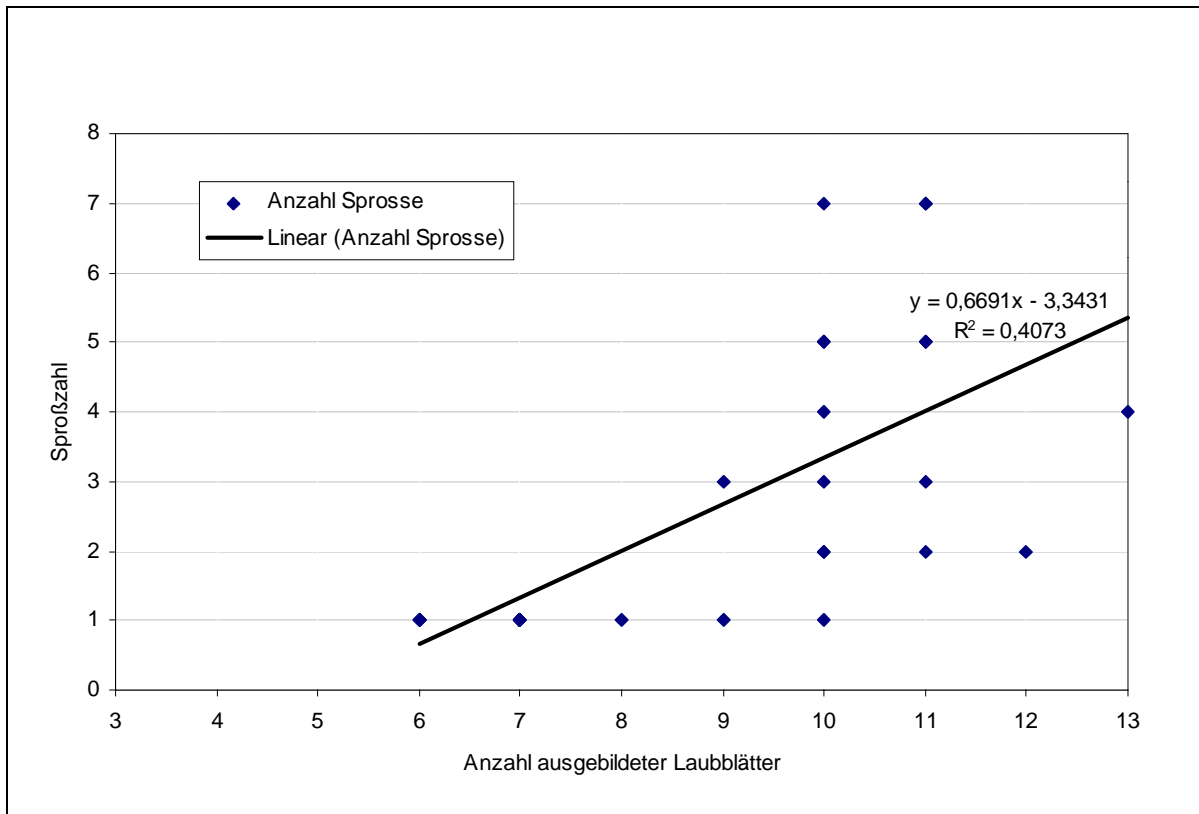


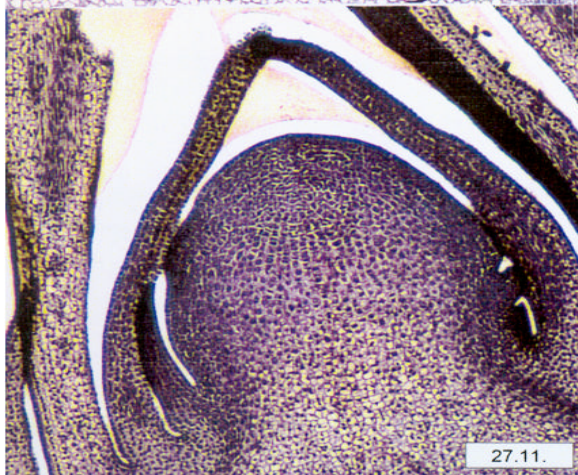
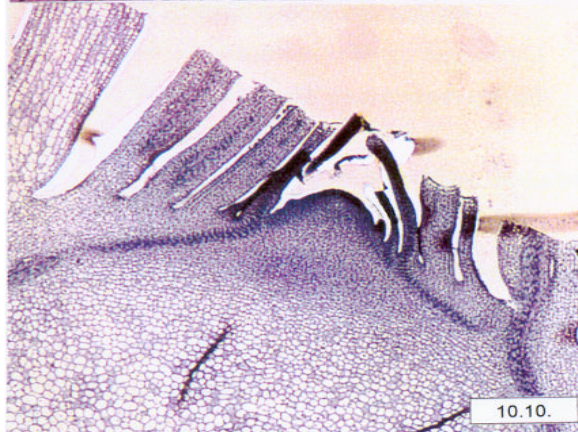
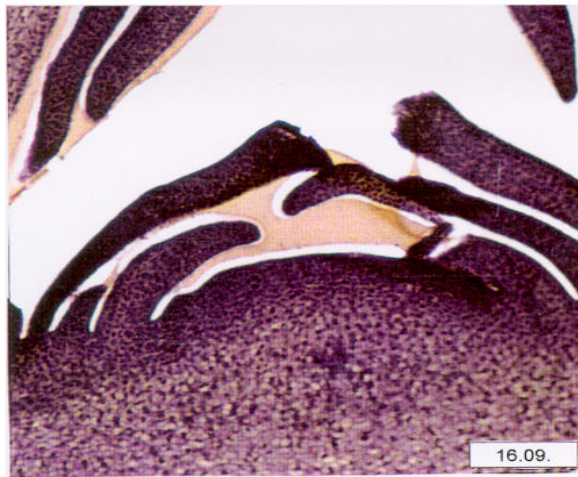
Abbildung 6-9: Korrelation zwischen der Anzahl ausgebildeter Laubblätter und der Sproßzahl für mikrovermehrte Pflanzen (n = 27) 100 Tage nach Überführung in das Gewächshaus. Die Korrelation (nach PEARSON) ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

6.5 Differenzierung von Infloreszenzen

Die beginnende Differenzierung der Infloreszenzen wurde ab dem 16.09. nachgewiesen. Zu diesem Zeitpunkt war der Apex im Gegensatz zu vegetativen Meristemen stärker verbreitert und halbkugelförmig aufgewölbt. Diese Aufwölbung nimmt an Größe weiter zu und führt so zu einer Verdickung der Sproßknospe (s. a. S. 44, Bild 1 bis 3)

Entblätterte Sprosse lassen im September/Oktobre einen verstärkten Austrieb lateraler Blattknospen erkennen. Durch die angelegte Blüte ist die korrelative Hemmung von Seitenknospen bei den am stärksten entwickelten Sprossen aufgehoben.

Anatomische Vergleiche zwischen blühinduzierten und nicht blühinduzierten Sproßspitzen sind mit einem Auflichtmikroskop ab Ende Oktober / Anfang November bei *A. alpinus* möglich. Zu diesem Zeitpunkt weisen die induzierten Sproßspitzen eine starke Verdickung im oberen Drittel des Sprosses auf. Zudem ist ein wesentlich stärkerer Austrieb von lateralen Erneuerungsknospen erkennbar. Ein Drittel der stärksten Sprosse (Durchmesser 10-12 mm) wies etwa 8 bis 10 Erneuerungsknospen auf. Diese waren etwa 3 bis 4 cm lang, wobei dieses Längenwachstum durch einen sehr späten Saisonabschluß begünstigt worden ist (s. a. S. 44, Bild 4 und 5).



1		Entwicklung der Infloreszenzknospen nach der Blühinduktion (Bild 1 bis 3) zu unterschiedlichen Terminen; Bild 4 zeigt ein vegetatives Meristem am 27.11. zum Vergleich; Originalgröße: 500 µm
2		
3	4	
5	6	Austrieb lateraler Sproßknospen nach erfolgter Umstimmung des Apikalmeristems

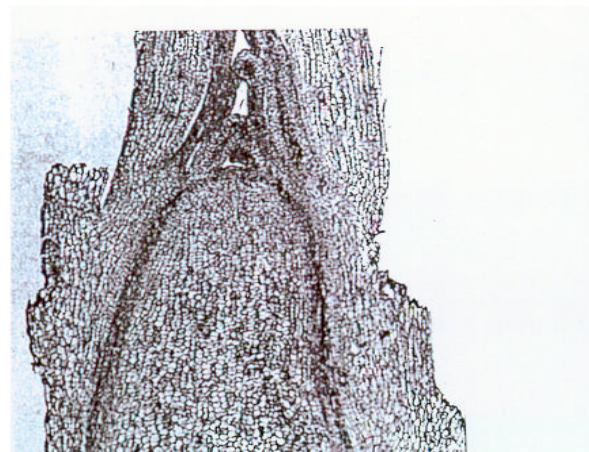


Abb. 6-10: Entwicklung der Infloreszenzknospen (Bildtafel)

6.5.1 Voraussetzungen für die Bildung von Infloreszenzen

Für einige Stauden sind quantitative Zusammenhänge bekannt, nach der die Ausbildung einer bestimmten Anzahl von Blüten von Größenmerkmalen (Anzahl der Laubblätter, Pflanzendurchmesser) der Pflanze abhängig ist. Auf der Grundlage dieser Merkmale soll geprüft werden, inwiefern dieser Zusammenhang auch für die untersuchten Pflanzen zutrifft.

In den nachfolgenden Abbildungen sind bestehende Zusammenhänge zwischen Größenmerkmalen dargestellt worden. Insbesondere interessierten dabei Korrelationsbeziehungen zur Anzahl der Blütenstände.

Bei besonders dicht liegenden Datenmengen wurden die Boniturdaten zu sogenannten „Sonnenblumen“ zusammengefaßt.

6.5.2 Zusammenhang zwischen verschiedenen Größenmerkmalen und der Ausbildung von Infloreszenzen

Die graphische Darstellung der ermittelten Daten für generativ vermehrte Pflanzen ($n = 20$) zeigt keine Korrelation zwischen den Größenmerkmal Sproßanzahl und Pflanzendurchmesser einerseits und der Anzahl ausgebildeter Blütenstände andererseits. Hingegen besteht zwischen dem Durchmesser der Pflanze und der Anzahl ausgebildeter Infloreszenzen eine sehr deutliche Korrelationsbeziehung.

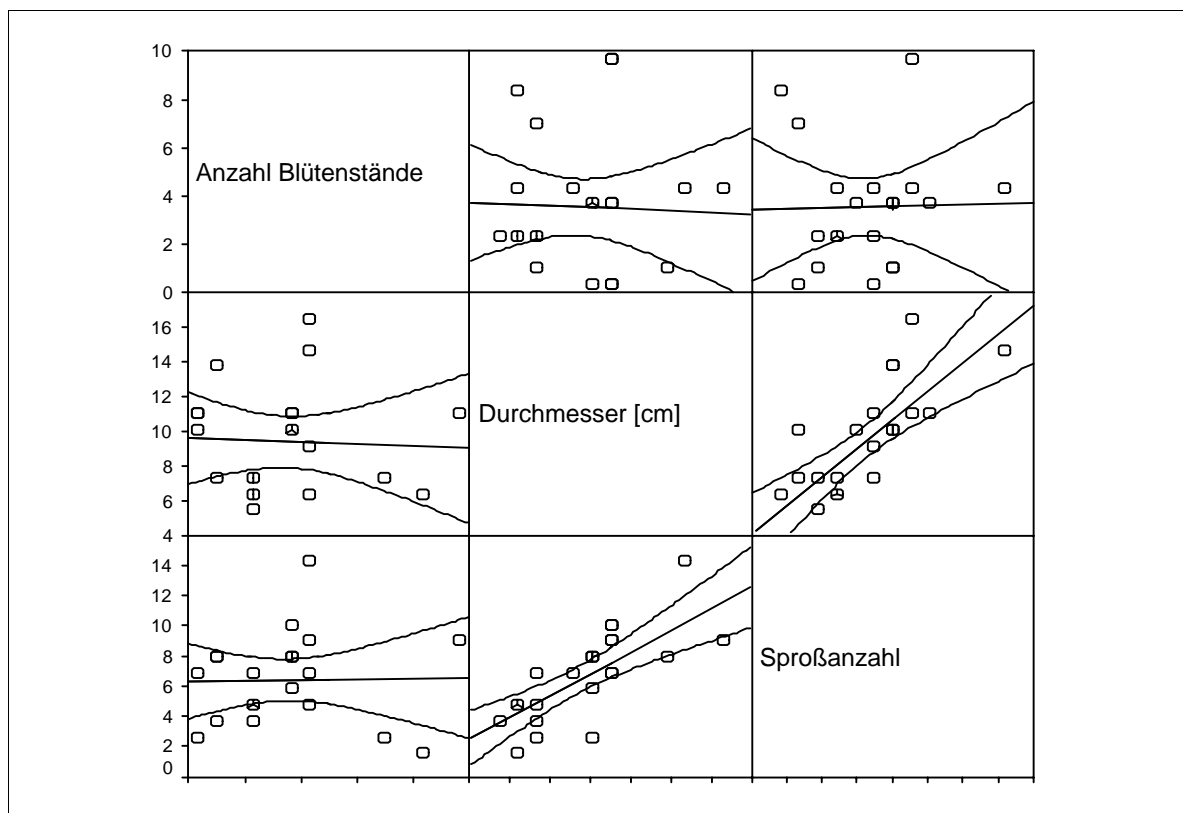


Abbildung 6-11: Zusammenhang von Durchmesser, Sproßanzahl und Anzahl ausgebildeter Blütenstände für generativ vermehrte *A. alpinus* ($n = 20$). Es sind die Trendlinie und das Konfidenzintervall (KI = 95 %) dargestellt.

Die Boniturergebnisse der mikrovermehrten Pflanzen ($n = 34$) zeigen ebenfalls einen schwach negativen Zusammenhang zwischen der Anzahl der Infloreszenzen und dem Pflanzendurchmesser. Mit steigendem Durchmesser sinkt die Anzahl der Infloreszenzen. Ein progressiver Zusammenhang ist zwischen dem Pflanzendurchmesser und der Stiellänge der Infloreszenzen erkennbar.

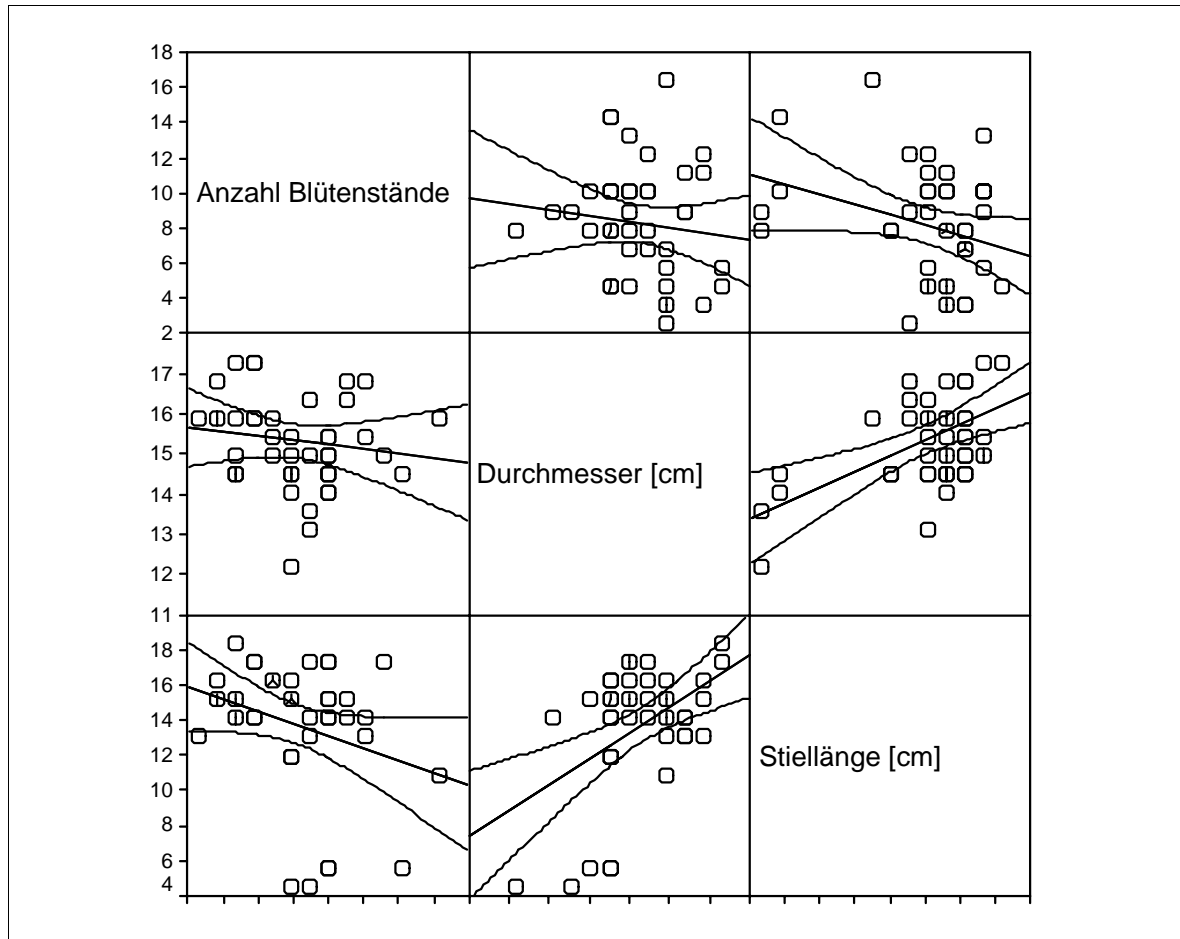


Abbildung 6-12: Zusammenhang zwischen dem Pflanzendurchmesser, der Anzahl Blütenstände und der Stiellänge der Blütenstände bei in vitro vermehrten *A. alpinus* ($n = 35$). Es sind die Trendlinie und das Konfidenzintervall (KI = 95 %) dargestellt.

Für den Vergleich der Merkmale wurde durch die Berechnung linearer Regressionen, gefolgt von einer mehrfachen Regressionsrechnung die bonitierten Merkmalskombinationen geprüft. Es wurden folgende Resultate ermittelt:

Tabelle 6-4: Bestimmtheitsmaß und Regressionsfunktion für unterschiedliche Merkmalskombinationen

Vermehrung	Merkmalskombination	r	R ²	Regressionsfunktion
Generativ				
(n= 20)	Anzahl Blütenstände	0,021	0,000	y = 0,012x + 6,36
	Sproßanzahl			
	Anzahl Blütenstände	- 0,046	0,002	y = -0,029x + 9,58
	Durchmesser			
	Sproßanzahl	0,769 **	0,591	y = 0,835x + 3,99
	Durchmesser			
Vegetativ (in vitro)				
(n=35)	Anzahl Blütenstände	- 0,135	0,018	y = -0,33x + 13,32
	Durchmesser			
	Stiellänge der Infloreszenz	- 0,320	0,102	y = -0,29x + 12,20
	Anzahl Blütenstände			
	Stiellänge der Infloreszenz	0,535 **	0,287	y = 1,45x - 8,55
	Durchmesser			

** . Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant

Für beide Vermehrungsvarianten sind aufgrund der großen Streuung Tendenzen für den Zusammenhang zwischen der Anzahl ausgebildeter Infloreszenzen und dem Pflanzendurchmesser nur sehr schwach ausgeprägt.

6.5.3 Fortsetzung des vegetativen Wachstums

Durch die Umwandlung des apikalen Meristems in eine Infloreszenz muß die Fortsetzung des vegetativen Wachstums anders erfolgen, als in dem Jahr zuvor. Jetzt übernehmen die Blattachselmeristeme, die vom Blütenstand am weitesten entfernt sind, die dominante Rolle. Sie entwickelten sich neben dem umgewandelten Apex des ursprünglichen Sproßsystems zu neuen Sproßachsen. Die Aufsicht auf ein zu diesem Zeitpunkt entblätterten Sproß läßt Blattachselknospen erkennen.

Im weiteren Verlauf der Sproßentwicklung baut sich über mehrere Entwicklungszyklen und bei geringer Streckung der rückwärtigen Internodien eine hochstämmige Rosette auf.

6.6 Einfluß der Kühlung auf die Knospenruhe und die Blütenentwicklung

Die Untersuchungen zu möglichen Differenzierungsprozessen vor und während der Ruhe dienten dazu, den Charakter der Ruhe zu beurteilen. Durch histologische Untersuchungen und die Transplantation von Sproßknospen auf Nährmedien konnten Rückschlüsse, insbesondere auf die Blütendifferenzierung, gezogen werden.

Festgehalten wurde bei den histologischen Untersuchungen das Vorhandensein einer differenzierten Blütenknospe. Aufgrund der geringen Größe der Sproßknospen waren möglicherweise ablaufende Differenzierungsvorgänge zwischen einzelnen Transplantationsterminen anhand von Größenveränderungen nicht meßbar.

Bei den Untersuchungen der in vitro kultivierten Pflanzen wurde die Entwicklung der Blütenstände im Reagenzglas festgehalten. Dazu wurden von den Ausgangspflanzen alle apikalen Sproßknospen entnommen und auf Nährmedium aufgesetzt. Der Anteil Sproßknospen, der im Verlauf der Wachstumsperiode in vitro Blütenstände ausdifferenzierte, ist in den nachfolgenden Diagrammen Abbildung 6-13 und Abbildung 6-14 dargestellt.

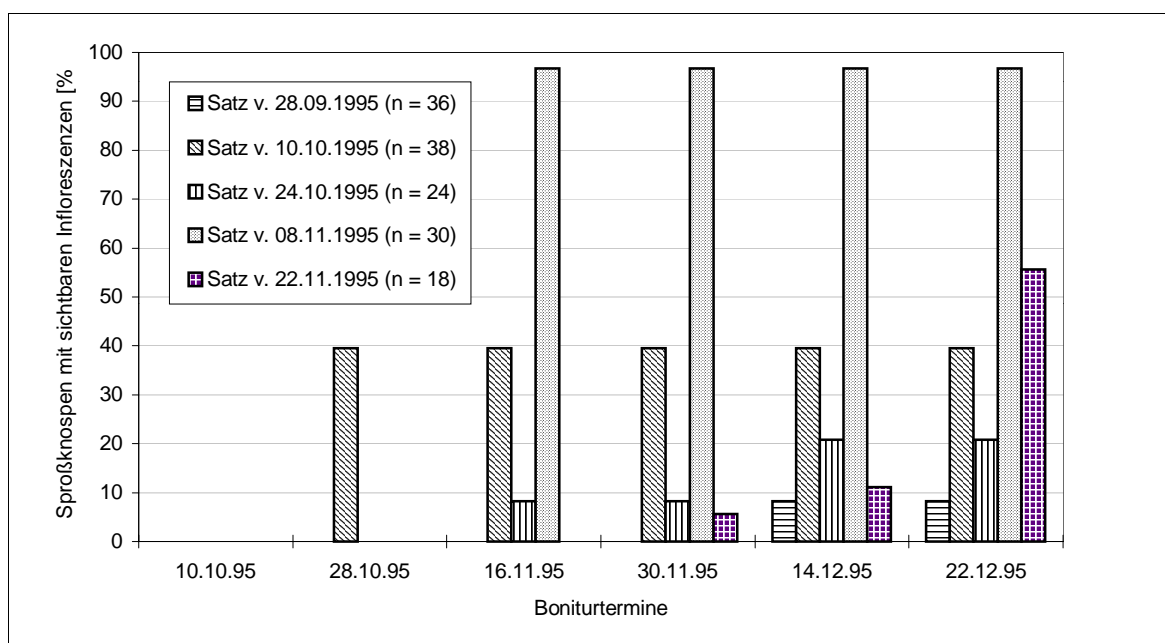


Abbildung 6-13: Ausbildung von Blütenständen bei generativ vermehrten Pflanzen zu unterschiedlichen Transplantationsterminen

Neben den variierenden Anteilen sichtbarer Infloreszenzknospen schwankt auch die Entwicklungsdauer bis zum Erreichen der maximalen Anzahl Infloreszenzen zwischen den Sätzen. Sehr deutlich wird dies an dem Vergleich der Sätze vom 28.09. und 08.11.; bis zum Erreichen der maximalen Blütenzahl werden bei dem ersten Satz 76 Tage und bei dem vom 08.11. lediglich 8 Tage benötigt. Derartig große Differenzen konnten bei in vitro vermehrten Pflanzen nicht festgestellt werden.

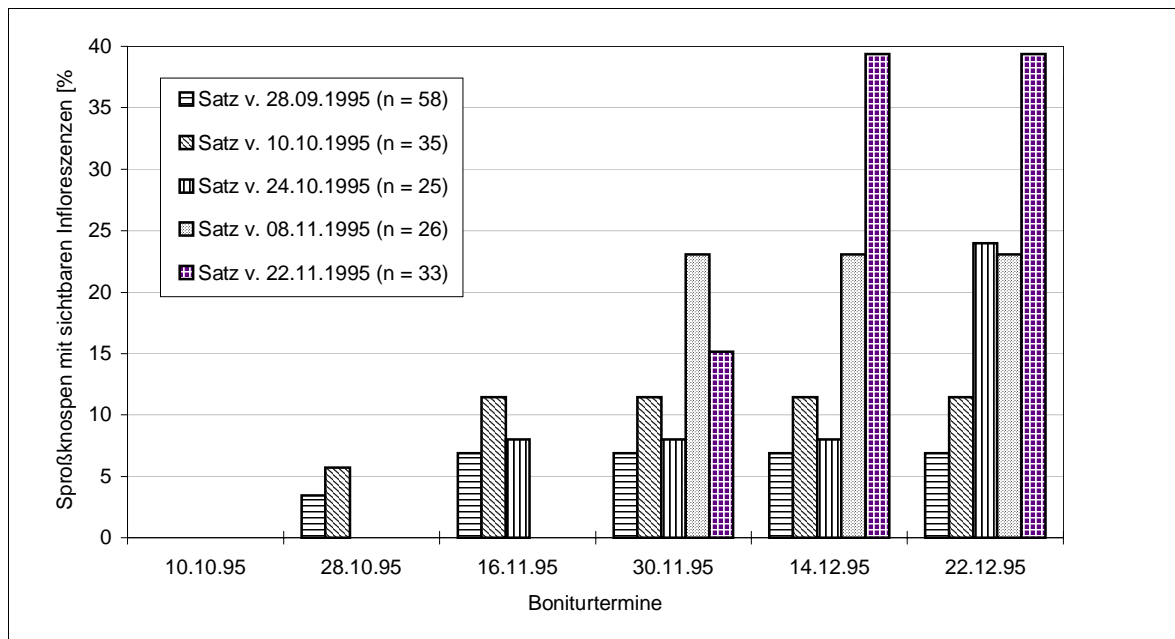


Abbildung 6-14: Ausbildung von Infloreszenzen bei in vitro vermehrten Pflanzen zu unterschiedlichen Transplantationsterminen

Bei beiden Varianten zeigt sich insgesamt, daß die Bereitschaft zur Differenzierung von Infloreszenzen sehr stark vom Explantationstermin abhängig ist. Je später diese erfolgt, umso höher ist die Wahrscheinlichkeit, daß induzierte Infloreszenzmeristeme ausdifferenziert werden.

Hinsichtlich der Ausdifferenzierung makroskopisch sichtbarer Infloreszenzen wird bei dem Vergleich der angewandten Vermehrungsmethoden deutlich, daß Sproßknospen aus In-vitro-Vermehrung insgesamt weniger Infloreszenzen im Reagenzglas ausdifferenzieren, als dies bei generativ vermehrten Pflanzen der Fall ist.

Die Untersuchungsergebnisse zeigen, daß sich auch während der Endodormanz die Infloreszenzmeristeme weiterentwickeln. Daraus kann abgeleitet werden, daß nicht alle Pflanzenorgane gleichermaßen von der Endodormanz erfaßt werden. Anhand der tendenziell steigenden Austriebsbereitschaft kann der Übergang von der Endodormanz zur Ecodormanz partiell nachvollzogen werden.

6.7 Einzugsverhalten der Stauden nach unterschiedlicher Kühldauer

Die Wirkung der Kühldauer auf die vegetative Entwicklung zeigte sich am deutlichsten in dem Entwicklungsverlauf des Pflanzendurchmessers. Besonders ältere und gestreckte Laubblätter begannen zu vertrocknen.

Die varianzanalytische Auswertung zeigt, daß die Kühldauer lediglich bei besonders ungünstigen Bedingungen (984 h im Kühlraum) den stärksten Rückgang des Pflanzendurchmesser bewirkt. In allen anderen Kühlvarianten verringerte sich der Pflanzendurchmesser in einer vergleichbaren Größenordnung. Die Auswertung der Meßergebnisse zu den einzelnen Boniturterminen weist keine signifikanten Abweichungen auf.

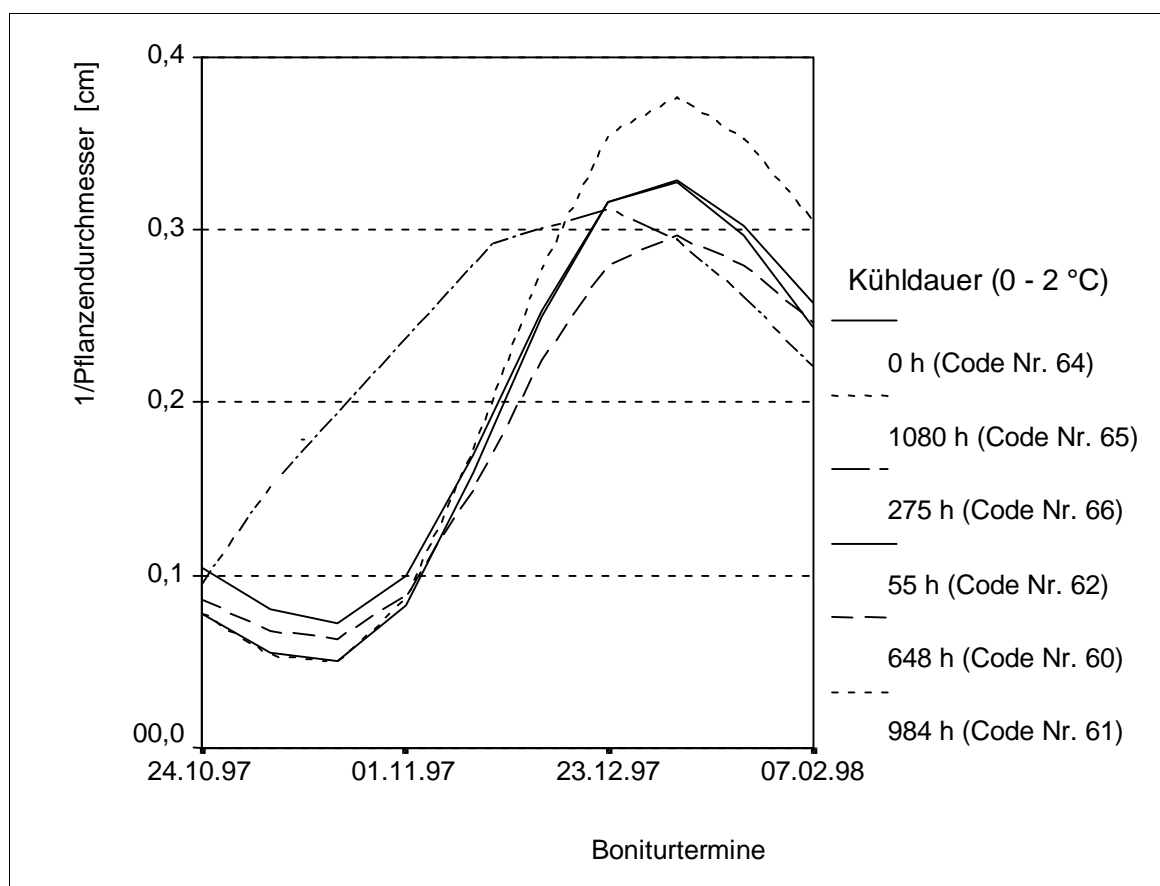


Abbildung 6-15: Einfluß der Kühlung auf das Einzugsverhalten der Stauden (n = 20)

Da auch durch die Vermeidung von Kühltemperaturen (= Kühldauer 0 h) die Seneszenz der älteren Blätter nicht aufgehalten wird, üben die Kühltemperaturen offensichtlich keinen oder nur einen geringen Einfluß auf das Einzugsverhalten der Pflanzen im Herbst aus.

6.8 Blütenentwicklung gekühlter Pflanzen

6.8.1 Einfluss der Kühlung auf die Entwicklung von Infloreszenzen

Die bisher durchgeführten Untersuchungen an den 12 Monate alten Pflanzen belegen, daß der Blühtermin und die Blütenqualität maßgeblich durch die Dauer der Kühlperiode bestimmt wird. Des weiteren zeigte sich, daß der Blütenertrag, der unter natürlichen Witterungsbedingungen gekühlten Pflanzen wesentlich höher war, als bei künstlicher Kühlung im Kühlraum und anschließender Aufstellung im Gewächshaus.

In dem Tastversuch 1995/96 wurden Pflanzen aus unterschiedlicher Vermehrung (generativ, in vitro) und damit unterschiedlichem physiologischen Alter in Kühlzellen oder im Freiland gekühlt.

Die Ergebnisse der Untersuchung des Kühleinflusses auf das generative und vegetative Wachstum waren aufgrund hoher Ausfälle nur beschränkt verwertbar. Folgende Ursachen können dafür benannt werden:

- Das Absinken der Temperatur auf unter 2° C und die notwendige Belichtung erforderten den ständigen Betrieb einer Gebläsekühlung. Die durch die Luftzirkulation bedingte Austrocknung der Töpfe wurde dagegen nur unregelmäßig ausgeglichen.
- Nach der Überführung in das Gewächshaus wurde durch den Wechsel von partieller Austrocknung und folgender Überschußbewässerung der Bestand mehrmalig gestreßt.

Die Schadwirkung wurde erst im weiteren Verlauf der Kultivierung deutlich. Nach Beendigung der Kühlperiode erfolgte bis Mitte-Ende Februar kein Neuaustrieb von vegetativen Sproßknospen. Da die vorhandenen Sproßknospen, bis auf ältere, verbräunte Blätter, grün waren, konnten ausgefallene Pflanzen nicht eindeutig von vitalen Pflanzen unterschieden werden. Erst ab diesem Zeitpunkt differenzierte sich das Bestandsbild deutlicher und Ausfälle waren eindeutig erkennbar.

Der Vergleich der nachstehend aufgeführten Abbildungen macht die unterschiedliche Wirkung, der als Ausfallursache beschriebenen Faktoren, deutlich. Die Kühlung im Kühlraum bedingt Ausfälle zu einem früheren Zeitpunkt und in stärkerem Maße. Eine Kühldauer von mehr als 800 Stunden (= 33 d) unter 2° C im Zeitraum Oktober bis Mitte November sowie die anschließende Kultivierung im Gewächshaus führte letztendlich zu einem Ausfall von 80 bis 100 % des Bestandes (n = 10/Variante). Aber auch ohne zusätzliche Kühlung fielen 50 % der Pflanzen aus.

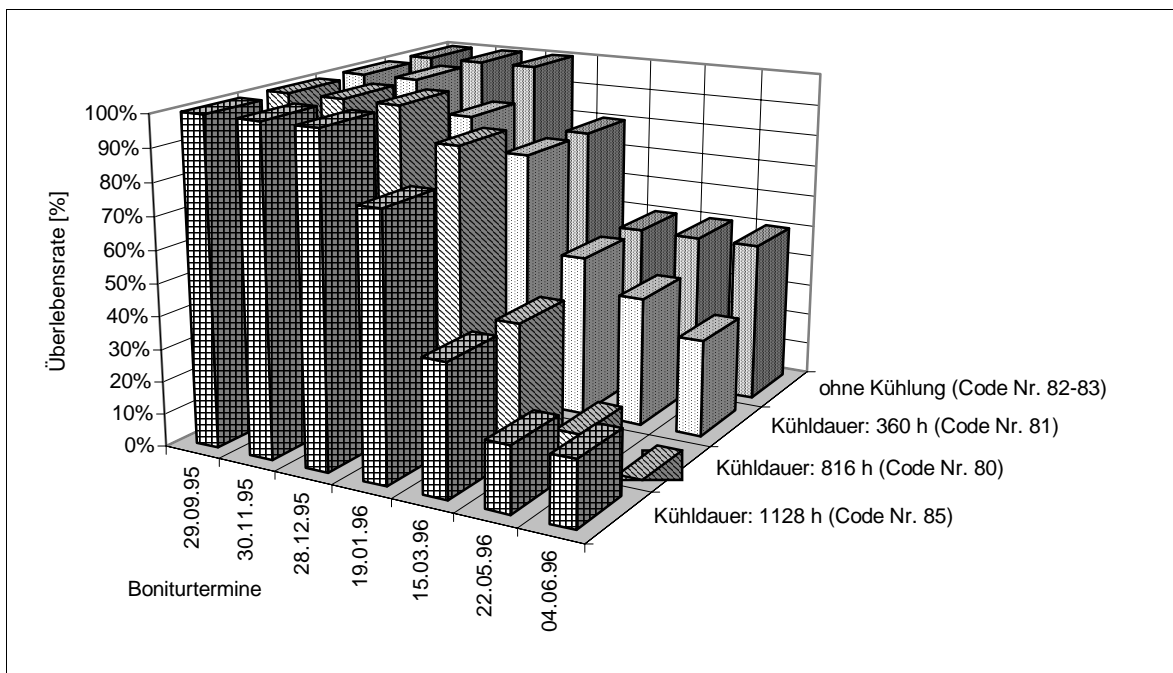
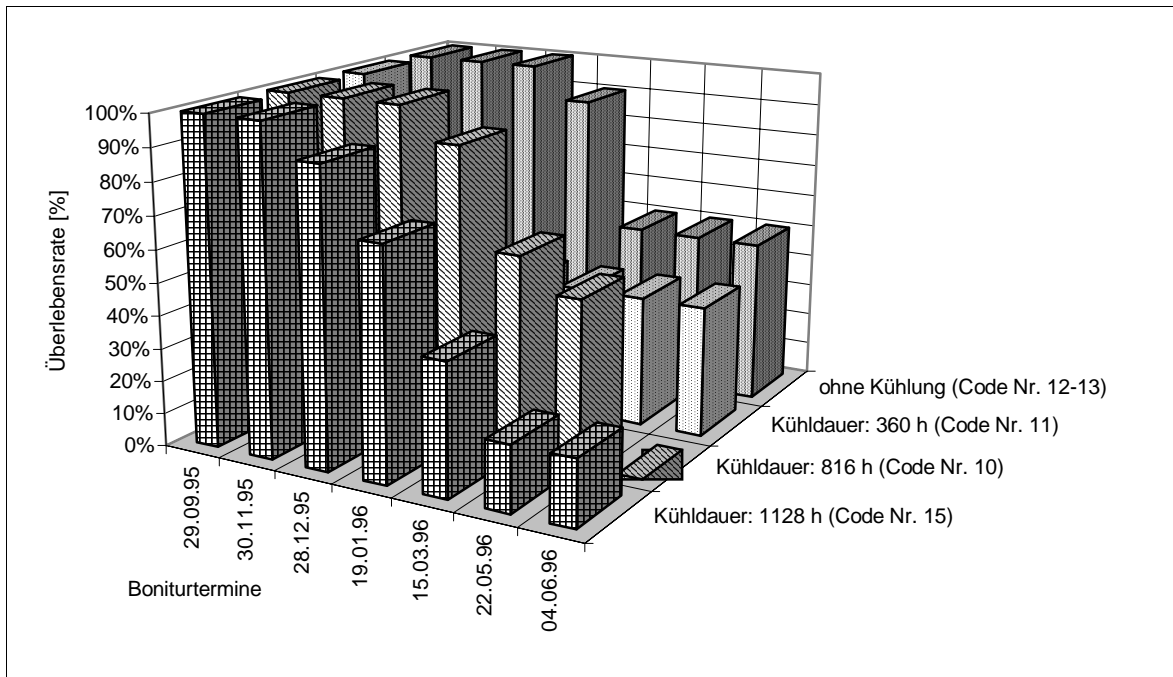


Abbildung 6-16: Überlebensrate der im Kühlraum während der Ruheperiode gekühlten Pflanzen (n = 10) aus unterschiedlicher Vermehrung. Diagramm oben: generative Vermehrung; Diagramm unten: In-vitro-Vermehrung

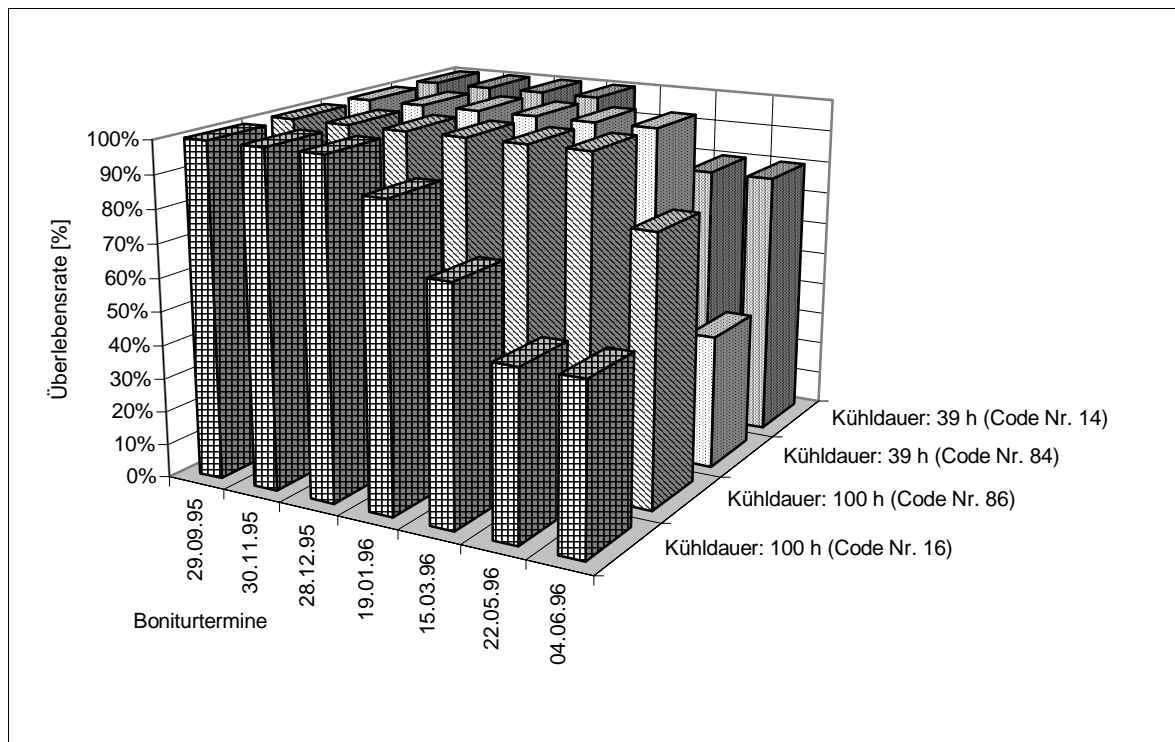


Abbildung 6-17: Überlebensrate der unter Freilandbedingungen während der Ruheperiode gekühlten Pflanzen (n = 20) aus unterschiedlicher Vermehrung; Code Nr. 16 und 14: generative Vermehrung; Code Nr. 86 und 84: In-vitro-Vermehrung

Die Ausfälle von Pflanzen aus dem Freiland erfolgten später und in einem geringeren Ausmaß, als bei einer Kühlung im Kühlraum.

Ein genereller Unterschied in den Ausfällen hinsichtlich des unterschiedlichen physiologischen Alters konnte bei allen untersuchten Varianten nicht herausgestellt werden.

6.8.2 Blühergebnisse

Für die weitere Beurteilung der Blühergebnisse wurden die Pflanzen aus unterschiedlicher Vermehrung und gleichem Kühlverfahren zusammengefaßt.

Während der Kühlung der Pflanzen erfolgte keine Streckung von Sproßknospen. Erst nach der Überführung in das Gewächshaus und ab Mitte Januar entwickelten sich die bereits angelegten Blätter und die generativen Sproßknospen begannen sich zu strecken.

In Abhängigkeit von der jeweiligen Kühldauer (Kühlraum oder Freiland) reagierten die Pflanzen im Hinblick auf die Ausbildung generativer Sprosse sehr unterschiedlich. Es zeigte sich, daß *A. alpinus* auch ohne die Einwirkung eines Kältereizes generative Sprosse ausbilden konnte. Die Anzahl dabei ausgebildeter Infloreszenzen ($7,7 \pm 3,9$) entspricht einem Blütenertrag, der auch bei einer Kühldauer von 39 h unter 2° C erreicht werden kann ($7,9 \pm 4,9$). Ein höherer Blütenertrag war bei einer Kühlung im Freiland von 100 h gegeben; durch-

schnittlich wurden $10,8 \pm 6,0$ Infloreszenzen gebildet. Die längere Kühldauer von 360 bzw. 1128 h wurde im Kühlraum verabreicht. Mit Verweis auf die hohen Ausfälle in diesen Varianten und dem geschwächten Status soll auf eine weitere Interpretation der Blühergebnisse verzichtet werden. In allen betrachteten Varianten konnten keine signifikanten Abweichungen hinsichtlich der Anzahl der Infloreszenzen je Pflanze festgestellt werden.

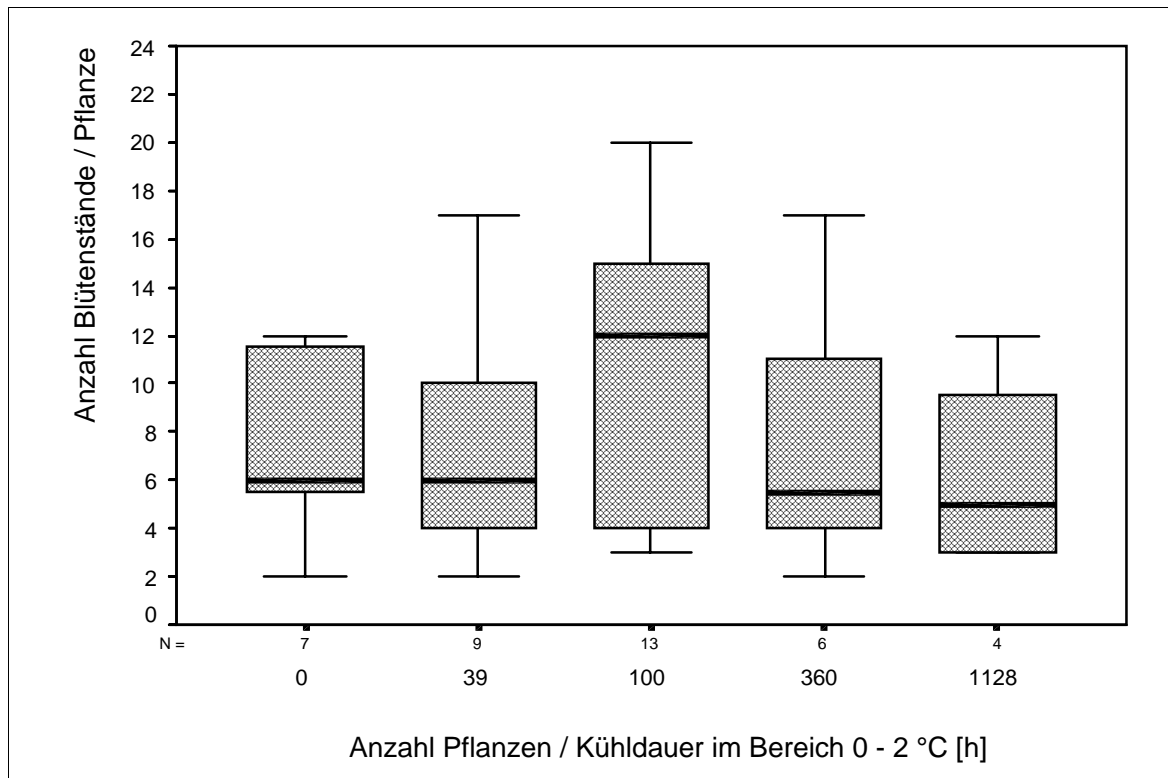


Abbildung 6-18: Einfluß der Kühldauer auf die Entwicklung von Infloreszenzen. Dargestellt sind der Median, der Interquartilbereich sowie Extremwerte

6.8.3 Einfluß der Kühlung auf generative Merkmale

Nachdem die Ergebnisse der Tastversuche des Jahres 1995/96 gezeigt hatten, daß zwischen der Dauer der Kälteeinwirkung und dem Blütenertrag ein quantitativer Zusammenhang besteht, sollten in einem weiteren Versuch die gewonnenen Erkenntnisse gesichert und vertieft werden. Um weitere Belege für diesen Zusammenhang zu gewinnen, wurde der Versuchsumfang je Variante gesteigert, der erste Einräumtermin vorverlegt, die Zahl der Kühlvarianten erhöht und die Kulturführung modifiziert (Abdeckung der Pflanzen im Kühlraum mit weißem Vlies, präzisere Bestandskontrollen). Getestet wurde der Kühleinfluß ausschließlich mit generativ vermehrten Pflanzen mit einheitlichem Aussaattermin. Als Parameter wurden die Knospen- und Infloreszenzentwicklung gesondert erfaßt und zur Darstellung möglicher Korrelationsveränderungen der Durchmesser und die Anzahl der Sproßknospen bonitiert.

Während des Untersuchungszeitraumes für diese Varianten kam es nur in einem Fall zu Ausfällen. Demzufolge beziehen sich alle nachfolgenden Ergebnisse auf einen Versuchsumfang von mindestens 19 Pflanzen.

Tabelle 6-5: Einfluß der Kühldauer auf die Entwicklung von Infloreszenzen (20 Pflanzen / Behandlung)

Code	Kühlbehandlung [0 – 2 °C / -10 - +2 °C]*		Tage nach Kühlende bis		Anzahl Pflanzen mit Infloreszenzen	Anzahl Infloreszenzen je Pflanze	Stiellänge zur Hauptblüte [cm]
	Dauer [d]	Standort	erste offene Infloreszenzen (< 50%)	Hauptblüte (> 80%)			
64	0	--	215	258	17	1,35	14,1
60	27	Kühlraum	194	231	18	2,60	14,9
61	41	Kühlraum	180	203	15	1,85	15,7
63	27	Freiland	194	217	19	1,75	14,1
62	41	Freiland	180	217	20	4,15	16,0
66	69	Freiland	141	189	20	4,90	16,2
65	134	Freiland	76	124	16	4,85	16,1

* 0 – 2 °C im Kühlraum, -10 - +2 °C im Freiland

Bei der Untersuchung in bezug auf das Merkmal 'Anzahl Tage bis zur Hauptblüte' zeigte sich, daß in Abhängigkeit von der Kühldauer und Kühlmethode eine deutliche Vorverlegung des Blühtermins möglich ist. Gegenüber der Freilandblüte konnte der Blühtermin um 6 Wochen vorverlegt werden. Durch die Verlängerung der Kühldauer von 27 auf 134 Tage verkürzt sich die Zeit bis zur Hauptblüte von 231 auf 124 Tage.

Zur grafischen Veranschaulichung der Abhängigkeit des Blütenertrages von der Kühldauer sind im nachfolgenden Diagramm Durchschnittserträge und die jeweiligen Konfidenzintervalle (KI = 95 %) der Varianten aus der Tabelle 6-5 und der Freilandvariante dargestellt. Neben der positiven Korrelation zeigt sich, daß sich die Standardabweichung vom Mittelwert mit zunehmender Kühldauer erhöht.

Ab einer Kühldauer von 55 h unter 2° C ergeben sich für alle unter natürlichen Witterungsbedingungen länger gekühlten Pflanzen signifikante Abweichungen von der Kontrollvariante (ohne Kühlung).

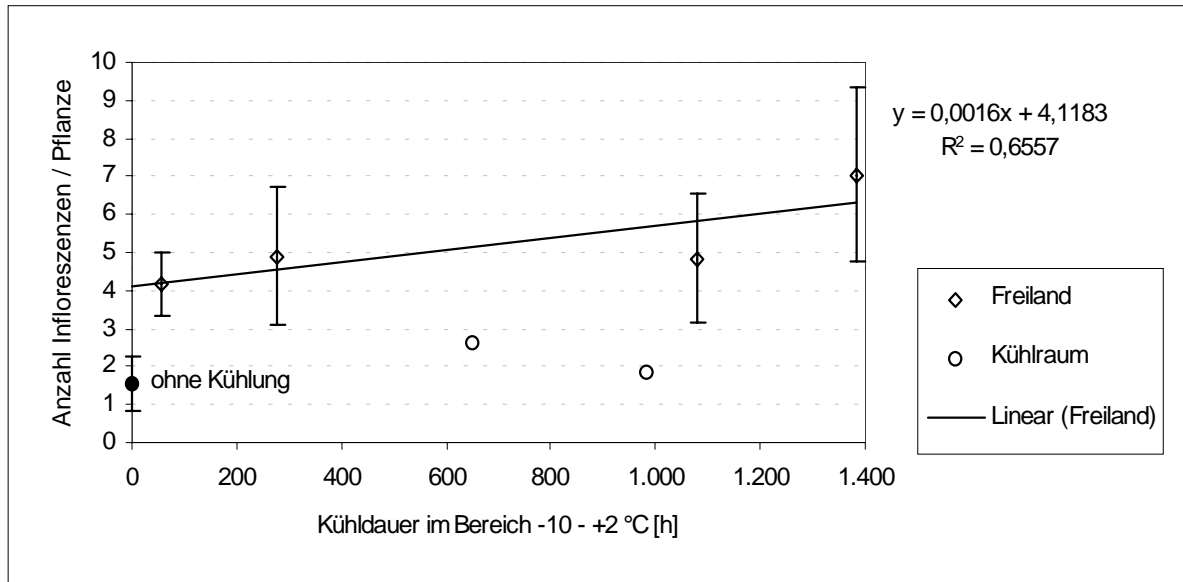


Abbildung 6-19: Einfluß der Kühldauer und des Kühlverfahrens auf die Anzahl ausgebildeter Infloreszenzen je Pflanze. Dargestellt ist das Konfidenzintervall (KI = 95 %) für im Freiland gekühlte Pflanzen.

Aufgrund des Stresses der Pflanzen im Kühlraum und den sich offenbar daraus ergebenden geringeren Blütenträgen blieben diese Varianten bei der Darstellung der Trendlinie unberücksichtigt.

6.8.4 Korrelationen zwischen Anzahl der Infloreszenzen, Pflanzendurchmesser und Anzahl der Sproßknospen

Für alle betrachteten Varianten gilt ein nur sehr schwach ausgeprägter Zusammenhang zwischen dem Blütennertrag zu den Parametern Durchmesser und Anzahl der Sproßknospen. Eine schwach tendenzielle Veränderung dieser Beziehung trat in Abhängigkeit von der Kühldauer nur bei dem Zusammenhang zwischen Blütennertrag und Durchmesser auf; die schwach positive Korrelation tendierte bei längerer Kühldauer zu einem schwach negativen Zusammenhang. Dies kann als Beleg dafür gewertet werden, daß die nach der Ruheperiode fortgesetzte Blütendifferenzierung unabhängig von der Entwicklung des Pflanzendurchmessers und der Sproßknospen erfolgt.

Weiterhin kann für die untersuchten Entwicklungsstadien die Annahme gelten, daß das Erreichen eines alters- und/oder wachstumsbedingten „kritischen Pflanzendurchmessers“ als Voraussetzung für die Ausbildung von Infloreszenzen nicht gilt. Dafür spricht vor allem die Beobachtung, daß zwischen dem Laubdurchmesser oder der Anzahl Sproßknospen und der Anzahl ausgebildeter Blüten eine vernachlässigbar geringe Korrelation besteht. Diese Korrelationsbeziehungen sind daher als ein frühes Selektionskriterium für die Blühleistung nicht geeignet.

Da die Korrelationsbeziehung zwischen Pflanzendurchmesser und Anzahl der Blüten auch bei in vitro vermehrten Pflanzen sehr schwach ausgeprägt ist (siehe), ist die Wahrscheinlichkeit, daß der Einfluß der genetischen Variabilität dieser Art zu einer engeren Korrelation führt, eher gering.

6.8.5 Blühergebnisse für vegetativ und generativ vermehrte Stauden

Der Vergleich der generativen Entwicklung (Code 67, 72) nach unterschiedlicher Vermehrungsmethodik zeigt, daß zwischen beiden Varianten ein signifikanter Unterschied in der Blütenentwicklung besteht. Vegetativ vermehrte Pflanzen bildeten durchschnittlich 3,35 Infloreszenzen, generativ vermehrte Pflanzen durchschnittlich 7,05 Infloreszenzen aus. Die Standardabweichung war bei vegetativer Vermehrung geringer (2,11 Infloreszenzen/Pflanze) als bei generativer (4,85 Infloreszenzen/Pflanze).

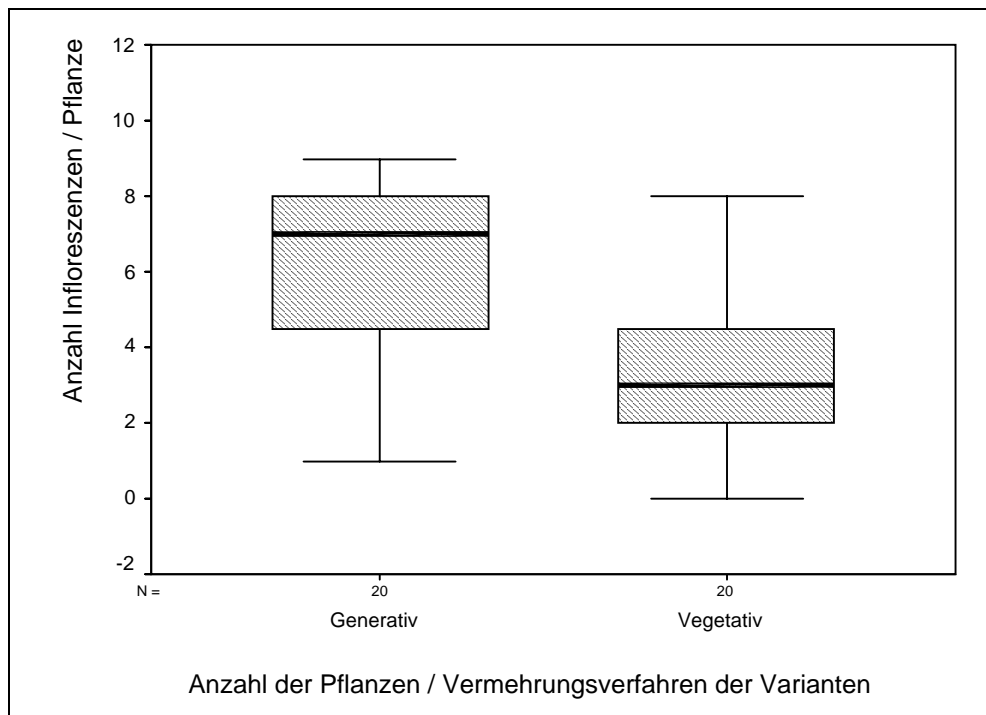


Abbildung 6-20: Einfluß des Vermehrungsverfahrens auf das Blühergebnis von *A. alpinus* unter natürlichen Freilandverhältnissen. Dargestellt sind der Median, der Interquartilbereich sowie Extremwerte.

6.9 Vegetative Entwicklung ohne Kühlung

Zur Überprüfung, ob die Knospenruhe auch ohne Kühlung beendet und die Differenzierung der Blütenstände fortgesetzt werden kann, wurden Stauden aus der In-vitro-Vermehrung 500 Tage (03/96 bis 08/97) ununterbrochen bei einer Mindesttemperatur von 10° C im Gewächshaus kultiviert. Da die Jungpflanzen zum Zeitpunkt des Topfens unterschiedlich entwickelt waren und bei 32% ($n_{\text{ges.}} = 43$) der Pflanzen noch keine Wurzeln erkennbar waren, erfolgte eine separate Aufstellung der Töpfe. Die Bonitur erfolgte über den gesamten Zeitraum anhand dieser unterschiedlichen Ausgangsmerkmale.

Vom ersten Erfassungstermin bis zum Ende der Bonituren ergaben sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den einzelnen Gruppen (siehe Anhang A 11). Auch zwischen den bewurzelten und unbewurzelten Jungpflanzen waren zu keinem Zeitpunkt signifikante Abweichungen feststellbar. Dies deutet darauf hin, daß die Wurzelbildung so schnell erfolgte, daß das eigentliche vegetative Wachstum nicht gebremst worden ist.

In dem zusammengefaßten Graph (Entwicklung der unbewurzelten und der bewurzelten Jungpflanzen) des nachfolgenden Diagramms wird der Wachstumsverlauf anhand des Durchmessers verdeutlicht.

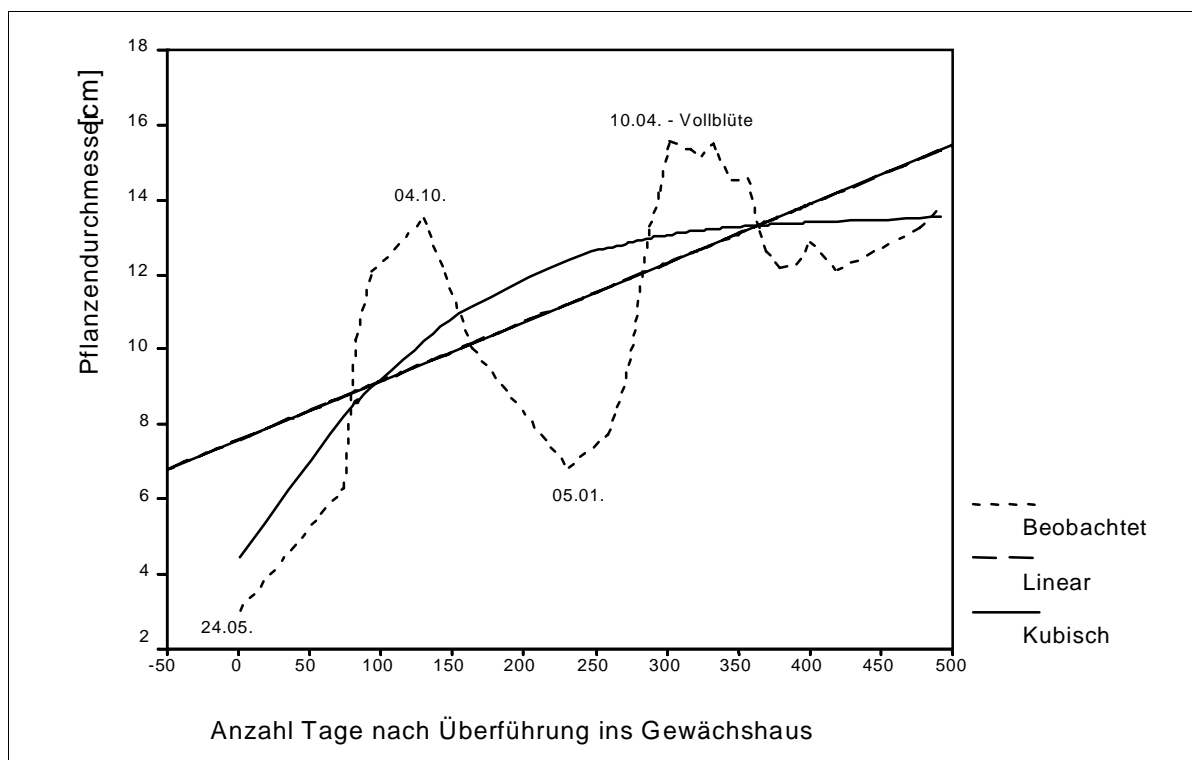


Abbildung 6-21: Wachstumsverlauf von *A. alpinus* ($n = 25$) ohne Kühlung. Dargestellt sind die Boniturwerte, die lineare Regressionsgerade und die Regressionskurve der kleinsten Quadrate (kubisch)

Der starke Rückgang des Durchmessers nach 130 Tagen fällt in den Monat Oktober. Bereits differenzierte vegetative Sproßknospen werden in diesem Zeitraum bereits nicht mehr ausgebildet. Besonders gestreckte Blätter beginnen zu verbräunen und abzusterben.

Die Erhöhung des Durchmessers der Pflanze findet in relativ kurzen Zeiträumen statt. So kam es beispiels-

weise innerhalb von 16 Tagen (01.08 – 16.08.) zu einer Zunahme des Pflanzendurchmessers von 6,3 auf 12,0 cm, innerhalb von 36 (13.02. – 19.03.), noch vor dem Blühbeginn, zu einer Erhöhung von 7,72 auf 14,22 cm. Die diesen Zeiträumen jeweils vor- und nachgelagerten Entwicklungsabschnitte weisen einen langsamere Zu- oder Abnahme auf.

6.10 Generative Entwicklung ohne Kühlung

Die gewonnenen Ergebnisse zeigen, daß *Aster alpinus* auch ohne eine Kühlung zur Blütenentwicklung in der Lage ist. Die ab Ende Februar makroskopisch erkennbaren Infloreszenzknospen sind bis Mitte April vollständig entwickelt.

Tabelle 6-6: Blütenentwicklung der Pflanzen nach In-vitro-Vermehrung, ohne Kühlung

Variante	n _{ges}	Pflanzen mit Infloreszenzen		Infloreszenzen (gesamt)	Anzahl Infloreszenzen je Pflanze	Stiellänge der Infloreszenzen [cm]
		Anzahl	[%]			
- Bewurzelt	87	66	75,8	195	2,95	15,36
- Unbewurzelt	42	39	95,8	115	2,94	15,46

Aufgrund der relativ großen Streuung hinsichtlich der Anzahl ausgebildeter Blütenstände und des Pflanzendurchmessers sind die Zusammenhänge zwischen diesen nur schwach ausgeprägt und können daher nur als relative Aussage interpretiert werden

Die Korrelation zwischen der Stiellänge der Blütenstände ($\bar{x} = 15,4 \pm 1,85$) und dem Pflanzendurchmesser ($\bar{x} = 15,36 \pm 1,46$) ist ebenfalls nur gering und läßt die Ableitung einer Tendenz nicht zu.

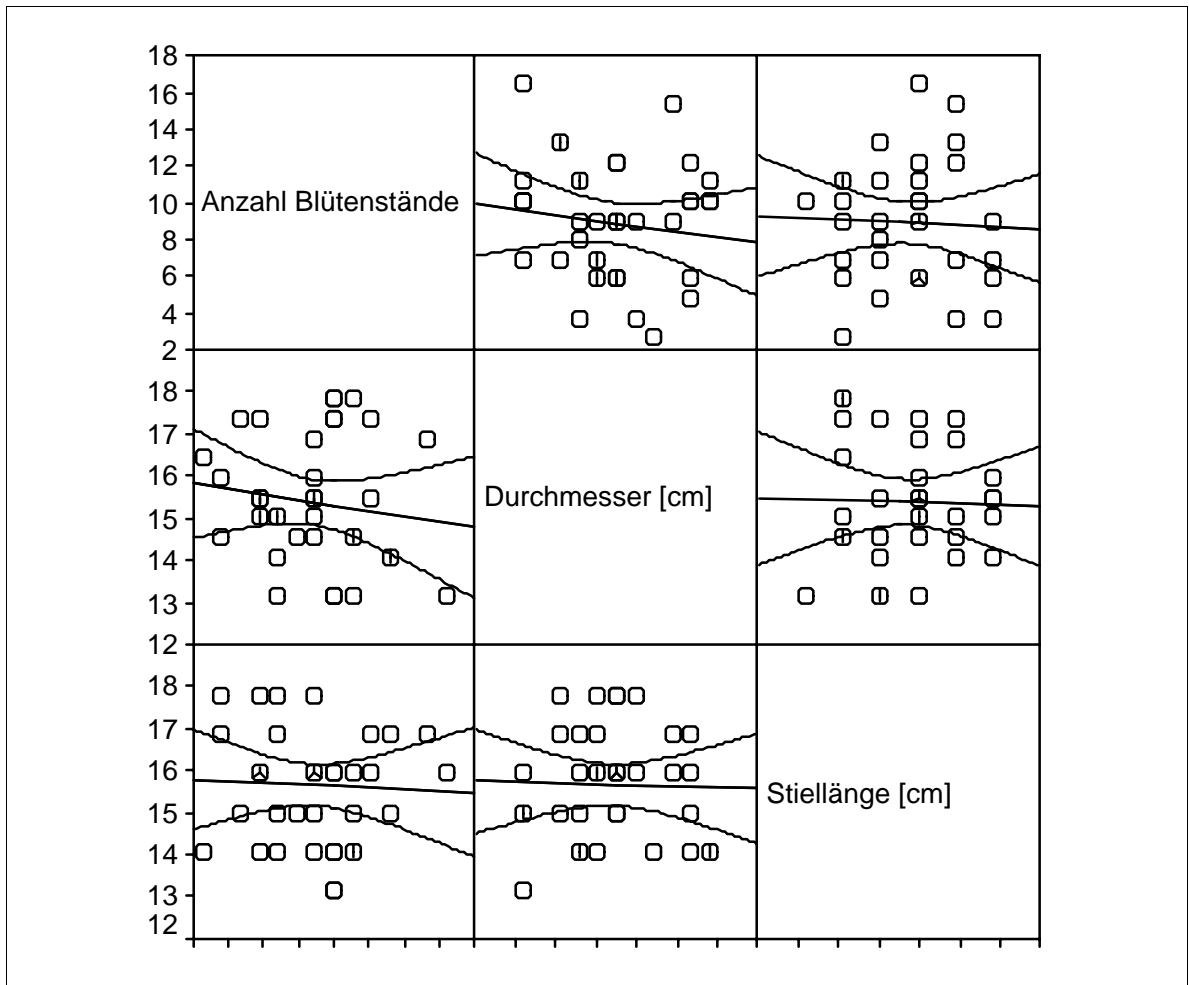


Abbildung 6-22: Zusammenhang zwischen dem Pflanzendurchmesser, der Anzahl Blütenstände und der Stiellänge der Blütenstände bei in vitro vermehrten Pflanzen ohne Kühlung ($n = 35$). Es ist die Trendlinie (linear) und das Konfidenzintervall ($KI = 95\%$) dargestellt.

6.11 Einfluß der Cytokininapplikation auf die vegetative und generative Entwicklung

Durch die Cytokininbehandlung werden die korrelativen Hemmungsmechanismen der Apikalknospen überwunden. Die Bildungsorte natürlicher Cytokinine sind wachsende Gewebe mit intensiver Proteinsynthese und hierbei hauptsächlich die Wurzelspitzen. Erhöhte Konzentrationen der Cytokinine finden sich in den Pflanzen vor allem in Zeiten verstärkten vegetativen Wachstums. Cytokinine steuern die Zellteilungen in der Pflanze, beeinflussen das Zellwachstum und sind für die Entwicklung funktionsfähiger Chloroplasten notwendig. Überdies führen sie zu einer Verlangsamung der Alterungserscheinungen der Blätter (DÖRFFLING, 1982, zit. in: BESSLER, 1993, SITTE, et al., 1998).

Durch die Applikation des Cytokinins 6-Benzylaminopurin (BAP) soll das vegetative Wachstum beeinflusst werden. Die Parameter dieser verstärkten vegetativen Entwicklung könnten eine erhöhte Seitentriebbildung und eine Erhöhung der Blattanzahl sein. Damit ließen sich eventuell in kürzerer Zeit kompakte und gut verzweigte Staudenpflanzen produzieren. Durch die Förderung der Chloroplastenentwicklung und die damit verbundene Verzögerung des Chlorophyllabbaus kann die Blattseneszenz verzögert und damit die Assimilationsfläche über einen längeren Zeitraum funktionsfähig bleiben. Geklärt werden soll in diesem Zusammenhang auch der Einfluß auf die gesamte Blütenentwicklung der Pflanzen.

6.11.1 Versuchsergebnisse bis zum Ende der ersten Vegetationsperiode

Schon kurz nach Abschluß der BAP-Applikation konnten zwischen den drei gewählten Steigerungsvarianten und der Kontrolle Veränderungen des Habitus bei den behandelten Pflanzen festgestellt werden. Prägnante Abweichungen wurden vor allen Dingen im Laubwachstum beobachtet.

Die folgende Abbildung zeigt, daß die BAP-Applikation in den Konzentrationen 20 und 25 mg/l den Pflanzendurchmesser signifikant gegenüber der Kontrollvariante und der Variante 1 beeinflusst hat. Auch die geringen, nichtsignifikanten Unterschiede zwischen den letztgenannten Applikationsvarianten bleiben bis zum Eintritt in die Endodormanz (etwa 129 Tage nach Behandlungsbeginn) sichtbar.

Nach etwa 21 Tagen ab Behandlungsbeginn verfärbten sich besonders die älteren Blätter rötlich. Weitere, mögliche Folgewirkungen, wie vermutlich das Absterben der Blätter, sollten unbedingt vermieden werden. Des weiteren konnte davon ausgegangen werden, daß die Translokation des Wachstumsregulators an die Wirkorte (bspw. zu den Kambiumzellen im unteren Sproßbereich) noch nicht abgeschlossen und damit die volle Entfaltung der Wirkung noch zu erwarten war.

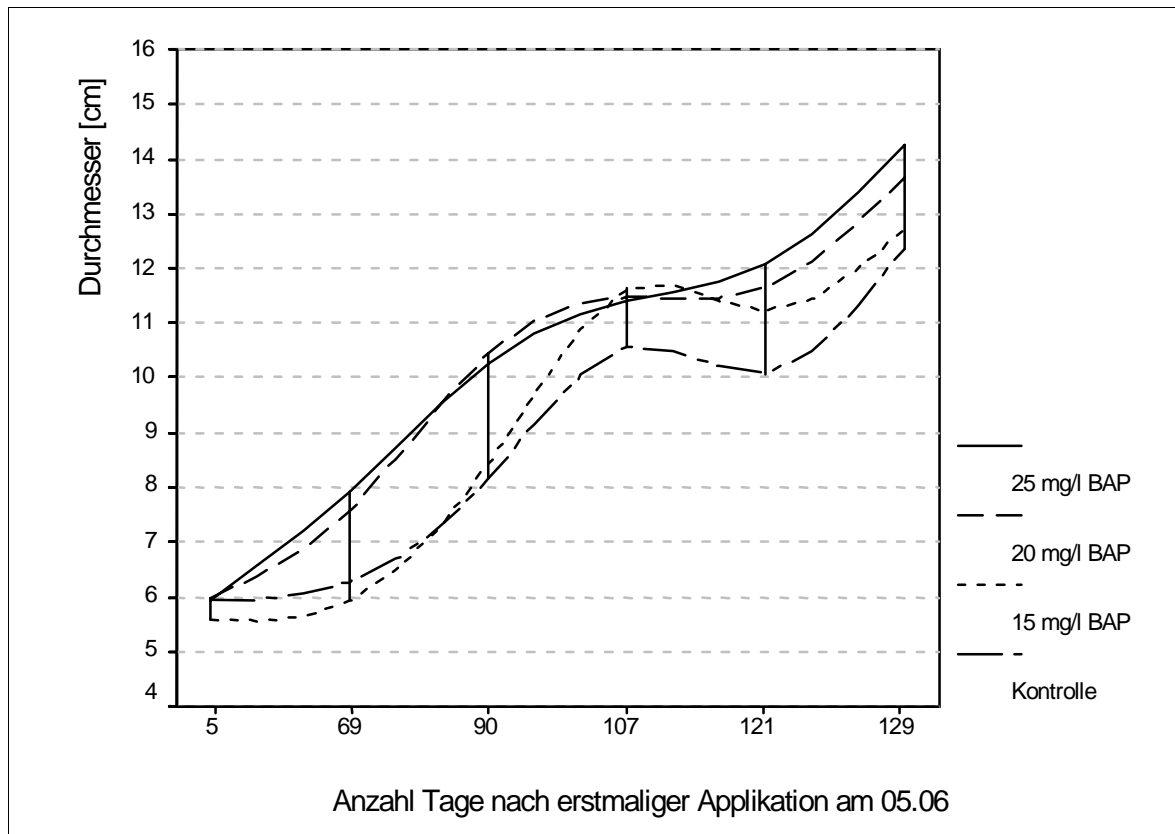


Abbildung 6-23: Einfluß des Cytokinins 6-Benzylaminopurin auf den Pflanzendurchmesser ($n_{\text{ges.}} = 80$)

Die höchste Behandlungskonzentration (25 mg/l) zeigte ab dem dritten Boniturtermin (= 44 Tage ab Behandlungsbeginn) signifikant mehr laterale, makroskopisch sichtbare Sproßknospen gegenüber der Kontrollvariante. Die mit 15 mg/l BAP behandelten Varianten wiesen zwar eine tendenziell höhere durchschnittliche Sproßzahl je Pflanze auf, konnten sich allerdings nicht signifikant von der unbehandelten Kontrollgruppe abheben. Die kaum sichtbaren, lateralen Sproßknospen reagierten innerhalb der Behandlungsvarianten sehr einheitlich auf die BAP – Applikation.

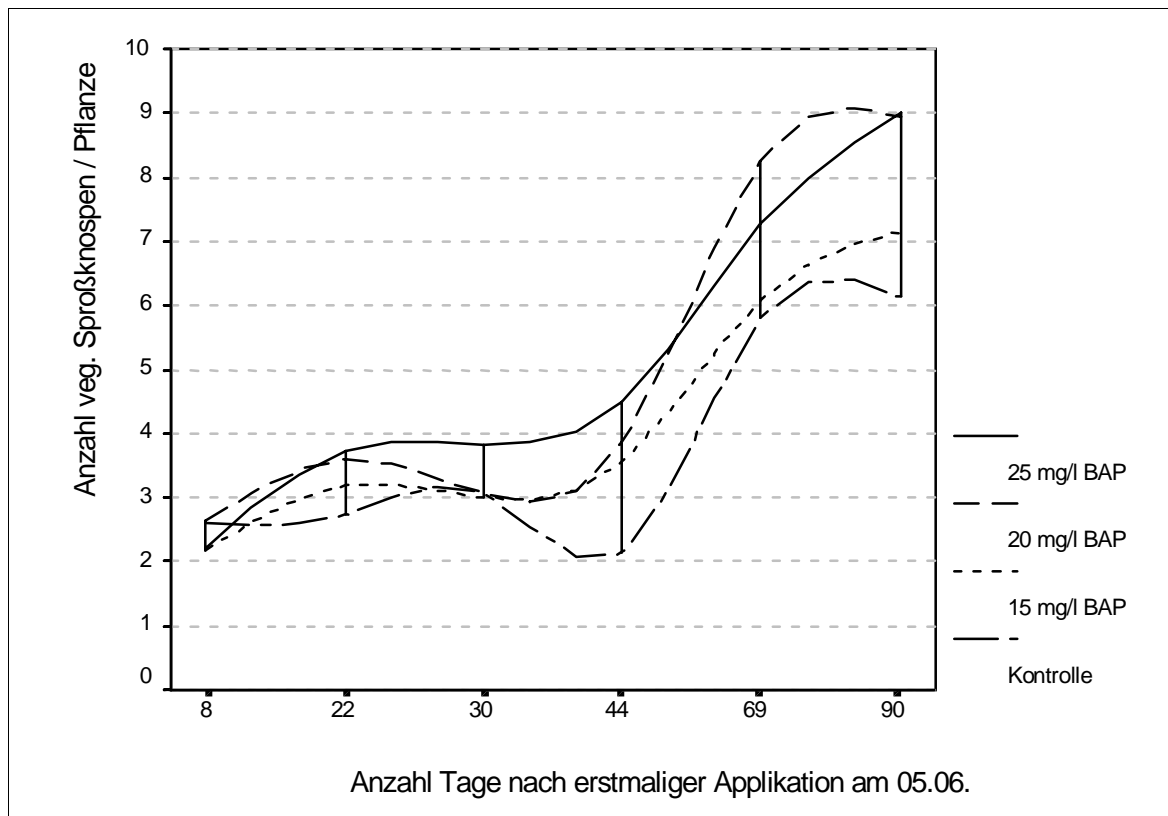


Abbildung 6-24: Einfluß des Cytokinins 6-Benzylaminopurin auf die Entwicklung vegetativer Sproßknospen während und nach der Applikationsphase ($n_{\text{ges.}} = 80$)

Die durch die unterschiedliche BAP-Behandlung bedingten Differenzen waren relativ groß. So wurden im Vergleich der höchsten Behandlungskonzentration (25 und 20 mg/l) mit der unbehandelten Kontrollvariante in der Regel 2 bis 3 Sproßknospen zusätzlich ausgebildet.



1	2	Vergleich von <i>Aster alpinus</i> nach unterschiedlicher BAP-Behandlung, Bild 1: unbehandelt, Bild 2: 25 mg/l, Aufnahme vom 05.09.
3	Austrieb lateraler Sproßknospen und beginnende Rotverfärbung nach BAP-Behandlung mit 25 mg/l, Aufnahme vom 05.09.	
4	5	Entwicklungszustand von <i>A. alpinus</i> am 06.10., Bild 4: unbehandelt, Bild 5: 25 mg/l BAP

Abbildung 6-25: Wirkung der BAP-Applikation auf die vegetative Entwicklung (Bildtafel)

6.11.1 Einfluß der Cytokininbehandlung auf die Ausbildung von Infloreszenzen

Der Einfluß der BAP–Applikation auf die Ausbildung von Infloreszenzen unter Freilandbedingungen ist in der Tabelle 6-7 dargestellt. Hinsichtlich des Zeitpunktes der Infloreszenzstreckung und der Stiellänge der Infloreszenzen gab es keine Abweichungen zwischen den einzelnen Varianten. Die Anzahl der ausgebildeten Infloreszenzen je Pflanze schwankte dagegen stärker; zeigte aber bei einem Signifikanzniveau von $p \leq 0,05$ (TUKEY–Test) keine signifikanten Unterschiede. Ausfälle durch die Cytokininapplikation wurden nicht festgestellt.

Tabelle 6-7: Wirkung der BAP–Behandlung auf die Bildung von Infloreszenzen. Die Bonitur erfolgte zum Zeitpunkt der Hauptblüte (13.05.) im Freiland (Code-Nr.: 67, 57, 47, 37)

BAP-Konzentration	n	Anzahl Infloreszenzen / Pflanze	Standardabweichung	Anteil blühender Pflanzen (in %)
Kontrolle	20	7,05	4,85	100
15 mg/l	20	7,65	2,85	100
20 mg/l	20	7,75	4,22	100
25 mg/l	20	7,20	3,76	100

Die Ergebnisse deuten darauf hin, daß das applizierte 6-Benzylaminopurin sich unmittelbar auf die Bildung vegetativer Sproßknospen auswirkt. Für die Dauer der Behandlung war es offensichtlich möglich, die suppressive Wirkung der Apikalknospe zu reduzieren. Eine Verlängerung der Behandlung, die möglicherweise zu einer noch stärkeren Ausprägung der Wirkung geführt hätte, war aufgrund der beginnenden Verfärbung des Laubes (Rötung) nicht sinnvoll. Mögliche Streßfolgeerscheinungen, wie z. B. toxische Wirkungen sollten ausgeschlossen werden.

6.12 Wechselwirkungen zwischen Kühlung und Cytokininapplikation auf das vegetative und generative Wachstum

6.12.1 Wirkung der Einflußfaktoren auf den Durchmesser der Pflanzen

Die mit Hilfe der bifaktoriellen Varianzanalyse durchgeführten Vergleiche zeigen, daß die verschiedenen Einflußfaktoren in unterschiedlicher Art und Weise auf die Blattneubildung wirken. In den nachfolgenden Abbildungen sind die gewonnenen Ergebnisse dargestellt und in der Anlage 14 dokumentiert.

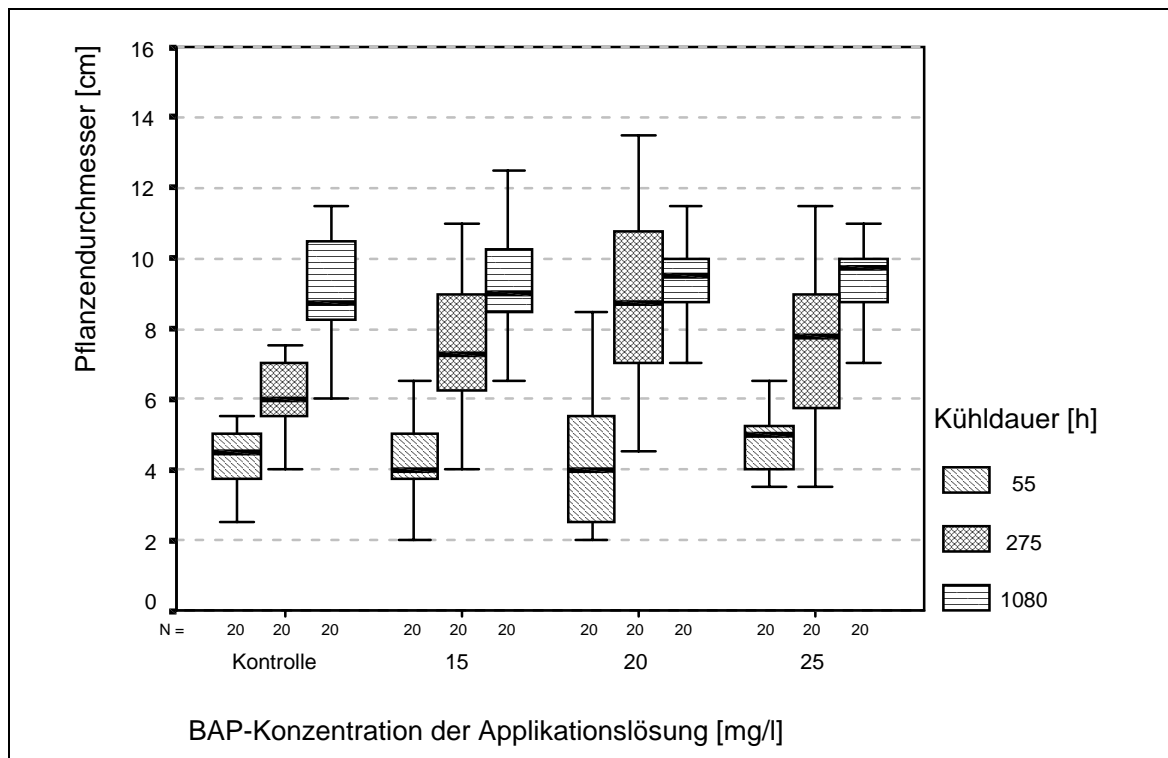


Abbildung 6-26: Wirkung der Einflußfaktoren Kühlung (-10 - +2 °C, Freiland) und BAP–Applikation auf das vegetative Wachstum am Ende der Ecodormanz (Boniturtermin: 14.03.). Dargestellt sind der Median, der Interquartilbereich und Extremwerte. ($n_{\text{ges.}} = 240$)

Die Analyse der Wechselbeziehungen zwischen der Kühldauer und der Konzentration der BAP – Applikation ergibt, daß durch eine Kombination der Stufen der Einflußfaktoren nur partiell ein höherer Pflanzendurchmesser erzielt werden kann. Die Kühlung übt einen stärkeren Einfluß auf die vegetative Entwicklung nach der Ruheperiode aus als die BAP–Applikation in der vorangegangenen Vegetationsperiode.

Die im Anhang A 14 dargestellten Homogenitätstabellen verdeutlichen diese Wechselwirkungen und stellen signifikante Unterschiede innerhalb der Gruppen und zwischen den untersuchten Gruppen dar.

Im Vergleich zu den im Freiland gekühlten Pflanzen ist der Durchmesser der ohne Kühlung bzw. der im Kühlraum gekühlten Pflanzen geringer. Die durch die Stressung während der Ruheperiode hervorgerufenen Vertrocknungserscheinungen des Laubes, führten auch bei der Variante mit der höchsten BAP–Konzentration zu einem so starken Rückgang, daß am Ende der Ruheperiode kein positiver Behandlungseffekt mehr erkennbar war.

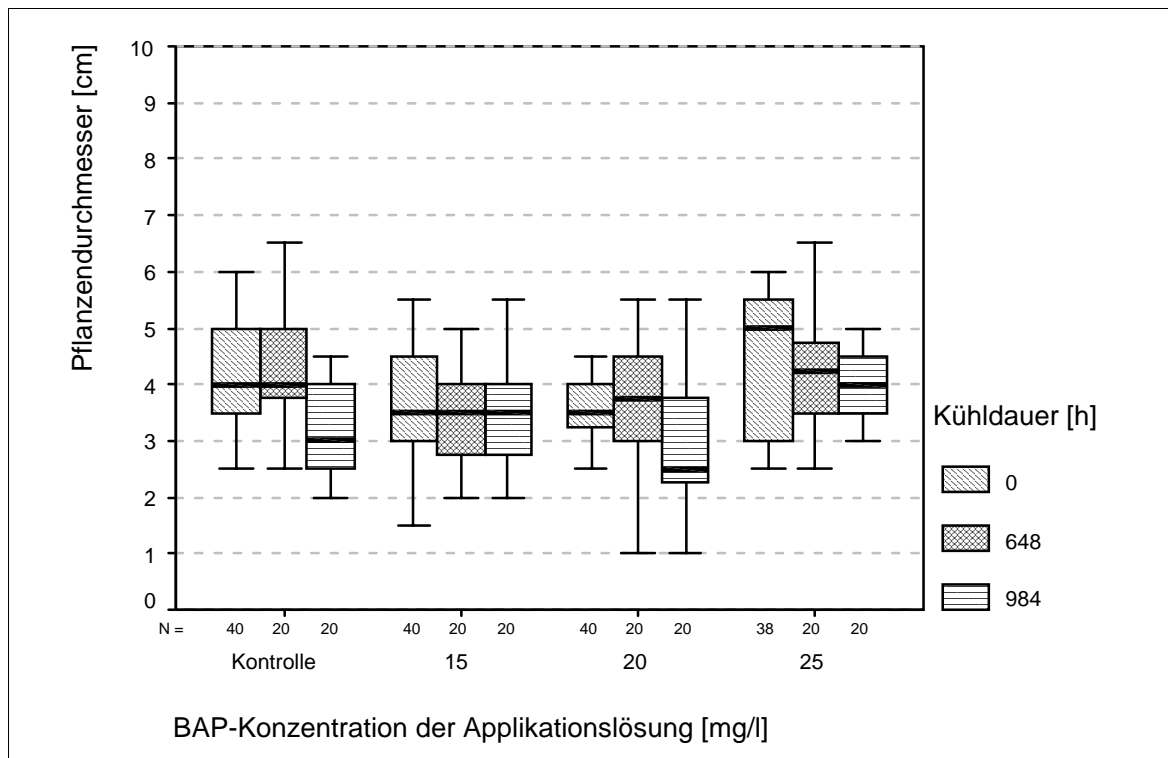


Abbildung 6-27: Wirkung der Einflußfaktoren Kühlung (0 – 2 °C, Kühlraum) und BAP–Applikation auf das vegetative Wachstum am Ende der Ecodormanz (Boniturtermin: 14.03.). Dargestellt sind der Median, der Interquartilbereich und Extremwerte. ($n_{\text{ges.}} = 320$)

6.12.2 Wirkung der Einflußfaktoren auf die Anzahl der gebildeten vegetativen Sproßknospen

Die Wirkung der verschiedenen Einflußfaktoren auf die Anzahl gebildeter, vegetativer Sproßknospen ist in den Abbildungen. Abbildung 6-28 und Abbildung 6-29 dargestellt

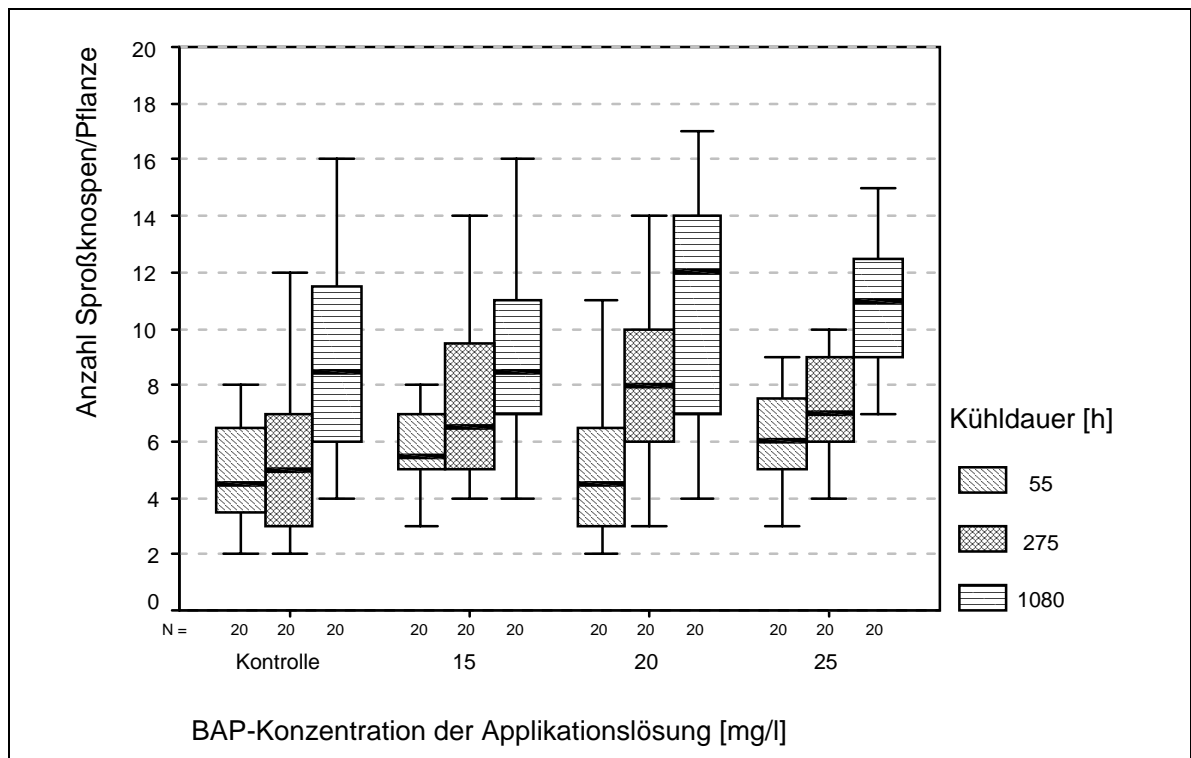


Abbildung 6-28: Wirkung der Einflußfaktoren Kühlung (-10 - +2 °C, Freiland) und BAP – Applikation auf die Bildung vegetativer Sproßknospen am Ende der Ruheperiode (Boniturtermin: 14.03.). Dargestellt sind der Median, der Interquartilbereich und Extremwerte. ($n_{\text{ges.}} = 240$)

In Abhängigkeit von der Kühlung erweist sich der Austrieb vegetativer Sproßknospen sowohl zwischen den einzelnen Kühlvarianten (siehe auch nachfolgende Abbildung) als auch zwischen den dargestellten Applikationsvarianten sehr unterschiedlich. Tendenziell bewirkt eine Verlängerung der Freilandkühlung und eine Erhöhung der Applikationsrate einen verstärkten Zuwachs an vegetativen Sproßknospen. Ab einer Behandlungskonzentration mit 20 mg/l und einer Kühldauer ab 1080 h kommt es zu signifikanten Abweichungen zur Kontrolle.

Die geringere Regeneration vegetativer Sproßknospen unter Kühlraumbedingungen und anschließender Gewächshauskultur kann wohl hauptsächlich auf die Veratmung von Reservestoffen zurückgeführt werden. Die festgestellten Differenzen zwischen den Varianten sind als gering einzuschätzen; signifikante Abweichungen konnten nicht festgestellt werden.

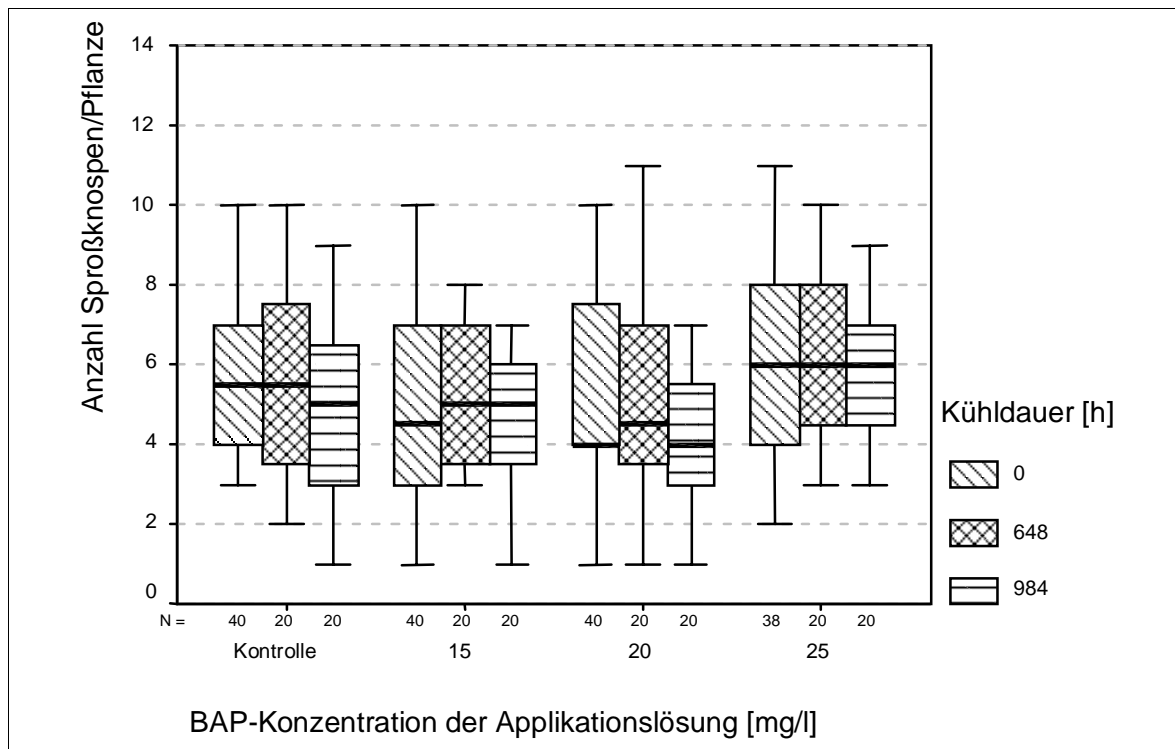


Abbildung 6-29: Wirkung der Einflußfaktoren Kühlung (0 - 2 °C, Kühlraum) und BAP–Applikation auf die Bildung vegetativer Sproßknospen am Ende der Ruheperiode (Boniturtermin: 14.03.). Dargestellt sind der Median, der Interquartilbereich und Extremwerte. ($n_{\text{ges.}} = 320$)

Der Vergleich zwischen den Kühlvarianten zeigt, daß durch die Wechselwirkung Freilandkühlung + BAP–Applikation eine Steigerung des Austriebs erreicht werden kann. Der Vergleich macht aber auch die Streßwirkung der Kühlung im Kühlraum deutlich. Bei den bis zum 14.03. gebildeten Sproßknospen handelt es sich z. T. um im Vorjahr ausdifferenzierte und makroskopisch sichtbare Sproßknospen, die nach der Beendigung der Ecodormanz gestreckt werden. Es konnte davon ausgegangen werden, daß vor der Kühlung die Sproßanzahl in den adäquaten BAP–Varianten gleich ist. Das am Ende der Kühlung im Kühlraum weniger Sproßknospen gestreckt worden sind, deutet darauf hin, daß es während der Kühlung zu irreversiblen Schädigungen gekommen ist.

6.12.3 Wirkung der Einflußfaktoren auf die Anzahl der gebildeten generativen Sproßknospen

Die bisher durchgeführten Untersuchungen an einjährigem Pflanzenmaterial belegen, daß der Blütenertrag von *A. alpinus* maßgeblich durch die Länge der Kühlperiode bestimmt wird.

Des weiteren ergaben die Analysen, daß der Ertrag an generativen Sprossen je Pflanze zwischen dem zeitweilig im Freiland belassenen und dem zur Vorverlegung des Blühtermins im Kühlraum gekühlten und anschließend ins Gewächshaus geräumten Bestandes variiert.

Die Sekundärwirkung der cytokinininduzierten Seitensproßbildung hat nachweislich zu einer Steigerung der Anzahl ausgebildeter Infloreszenzen geführt.

Tabelle 6-8: Wechselwirkung der Kühlraumkühlung bzw. der natürlichen Kälteperiode sowie der BAP–Applikation auf die Ausbildung von Infloreszenzen (27.05.1998)

Kühlbehandlung	Konzentration der BAP–Applikation			
	Kontrolle	15 mg/l	20 mg/l	25 mg/l
ohne Kühlung (direkt ins GWH) Code-Nr.: 64, 54, 44, 34	17 ¹⁾	16	20	16
	27 ²⁾	23	34	36
	1,59 ³⁾	1,44	1,70	2,25
648 h Kühlung im Kühlraum Code-Nr.: 60, 50, 40, 30	18	16	20	20
	52	37	52	89
	2,89	2,31	2,60	4,45
984 h Kühlung im Kühlraum Code-Nr.: 61, 51, 41, 31	15	15	20	20
	37	40	67	68
	2,47	2,67	3,35	3,40
ohne Kühlung (4 Wochen Freiland), anschl. GWH Code-Nr.: 63, 53, 43, 33	19	17	20	18
	34	18	64	55
	1,79	1,06	3,20	3,06
55 h Kühlung im Freiland Code-Nr.: 62, 52, 42, 32	20	20	20	20
	83	80	78	122
	4,15	4,00	3,90	6,10
275 h Kühlung im Freiland Code-Nr.: 66, 56, 46, 36	20	20	20	20
	98	104	111	127
	4,90	5,20	5,55	6,35
1080 h Kühlung im Freiland Code-Nr.: 65, 55, 45, 35	16	19	19	20
	97	93	127	131
	6,06	4,89	6,68	6,55

1) Anzahl blühende Pflanzen ($n_{\text{ges.}} = 20$), 2) Anzahl Infloreszenzen insgesamt 3) Anzahl Infloreszenzen je Pflanze

Die Ergebnisse zeigen, daß es eine synergistische Wirkung zwischen der Kühldauer (= Kältemenge) und der BAP–Applikation gibt. Die Ausbildung von Infloreszenzen wird durch die BAP–Applikation positiv beeinflusst, aber erst die verabreichte Kältemenge bewirkt signifikante Veränderungen in der Blühleistung.

7 Diskussion

7.1 Vermehrung

In der vorliegenden Arbeit konnte gezeigt werden, daß die Korrelation zwischen der Anzahl der ausgebildeten Sproßknospen und dem Pflanzendurchmesser für die generativ vermehrten Pflanzen mit 88 % um etwa 25 % höher lag, als bei den vegetativ vermehrten Pflanzen (in vitro, Kopfstecklinge). Diese Korrelation kann als ein äußeres Qualitätsmerkmal für den Habitus der Pflanzen angesehen werden. Dabei zeigte sich, daß annähernd gleiche Pflanzendurchmesser bei allen drei Vermehrungsvarianten auf eine verstärkte Blattstreckung bei den vegetativ vermehrten Pflanzen und bei den generativ vermehrten Pflanzen auf eine höhere Anzahl lateraler Sproßknospen zurückzuführen waren. Die generative Vermehrung führt demnach schon im Jugendstadium zu besser verzweigten Pflanzen.

Die in diesem Zusammenhang vorgenommene zeitliche Staffelung der Vermehrungstermine erbrachte zum Ende der Vegetationsperiode hinsichtlich der ausgebildeten Blattmasse und innerhalb der Vermehrungsgruppen (vegetativ, generativ) keine signifikanten Unterschiede.

Die geringe Bewurzelungsrate der Stecklinge von maximal 70 % und die lange Bewurzelungsdauer stehen offensichtlich mit den zum gleichen Zeitpunkt ablaufenden phytohormonalen Veränderungen im Zusammenhang. Die Entnahme der Stecklinge von der Mutterpflanze erfolgte zu einem Zeitpunkt, zu dem bereits ein Teil der Sproßknospen ein blühinduziertes Apikalmeristem aufwies. Da für rosettig wachsende Pflanzen das Vorhandensein von Gibberellinsäure eine Voraussetzung für die Streckung der Infloreszenzen ist (WAREING und PHILIPS, 1981), kann vermutet werden, daß zum Zeitpunkt der Blütendifferenzierung das Apikalmeristem ein Attraktionszentrum für Gibberellinsäure ist. Die verminderte Regeneration der Stecklinge ließe sich möglicherweise auf die erhöhte Gibberellinsäurekonzentration im oberen Sproßbereich zurückführen, die ohne fördernde Wirkung auf die Wurzelinitiation und das Wurzelwachstum ist (NILSEN und ORCUTT, 1997). Eine wichtige Rolle spielt auch der Entnahmeort der Stecklinge von der Ausgangspflanze. Dazu führen JANSEN und BACHTHALER (1989) das physiologische Alter des entnommenen Pflanzenorgans als eine weitere mögliche Ursache für den unterschiedlichen Bewurzelungserfolg an.

Um den Zeitpunkt der Blüteninduktion präziser erfassen zu können, wurden Sproßknospen in vierzehntägigem Abstand (beginnend ab dem 28.09.) aus dem Freiland entnommen und auf Nährmedien transplantiert. Die Überführung in die sterile Umgebung führte, in Abhängigkeit vom Transplantationstermin, zu einer Ausfallrate bis zu 95 %. Die Überlebensrate erhöhte sich auf 30 % bei Sproßknospen, die erst am 22.11. in die Sterilkultur überführt worden sind.

Die Kontamination der Sproßknospen erwies sich dabei als eine wesentliche Ursache für die hohen Ausfälle. Auf die Kontamination durch Mikroorganismen bei der Überführung in die In-vitro-Kultur wird auch in Untersuchungen zu zahlreichen Arten (besonders bei Gehölzen und Geophyten) durch andere Autoren hingewiesen (GIRMEN, 1986, SCHWENKEL, 1991, BESSLER, 1993).

Die Kontamination ist auf die Explantatentnahme von Pflanzen aus dem Gewächshaus oder dem Freiland zurückzuführen. Die Überkopfbewässerung der Mutterpflanzen erhöht die Population von Pilzen und Bakterien und trägt zu ihrer Verbreitung bei. Zudem erfolgte die Entnahme der Sproßknospen bodennah, wodurch die Kontaminationsgefahr zusätzlich erhöht wird.

Ein weiteres Problem für die Desinfektion ergibt sich aus dem Sproßaufbau der Pflanzen. Auch nach Entfernung eines Großteils der Laubblätter bleibt immer ein gewisses Restrisiko, daß sich in den spitzwinkligen Blattansätzen Mikroorganismen befinden, erhalten. Wenn also *A. alpinus* als Explantatquelle dienen soll, ist es notwendig, diese möglichst im Gewächshaus vorzukultivieren und Überkopfbewässerung zu vermeiden oder eine wirksamere Desinfektionsmethode zu finden.

Aufgrund der zeitlich begrenzten Durchführbarkeit dieses Versuches wurde das Desinfektionsverfahren in den laufenden Versuchen beibehalten. Diese Variante empfahl sich auch mit Hinblick auf eine bessere Vergleichbarkeit der Vitalität der Explantate.

Die steigende „Überlebensfähigkeit“ und Austriebsbereitschaft bei späteren Sätzen ist möglicherweise ein Anzeichen für den Wechsel von der Endodormanz zur Ecodormanz. Um diese Aussage sichern zu können, sind allerdings andere Untersuchungsmethoden und ein größerer Stichprobenumfang notwendig.

Die Überführung in das Gewächshaus überlebten 36 % der Pflanzen. Diese Überlebensrate stabilisierte sich nach den ersten drei Wochen gerechnet ab dem Zeitpunkt der Überführung. Die hohe Ausfallrate kann möglicherweise darauf zurückgeführt werden, daß die Akklimatisation der überführten Pflanzen durch eine reduzierte Wachsschicht und die eingeschränkte Funktion der Stomata problematisch war (LUMSDEN et al., 1994). Nach Untersuchungen von PINKER et al. (1997) beeinflusst auch die Dauer der Bewurzelungsphase im Wachstumsraum die Anpassung von Gehölzen an unsterile Bedingungen. Die Überlebensfähigkeit der Pflanzen wird dabei durch eine verlängerte Bewurzelungsphase verbessert. Es ist anzunehmen, daß für die Überführung der hier untersuchten Art die gleichen Annahmen gelten.

7.2 Vegetative Entwicklung

Die sich ab dem 10. Laubblatt schnell vollziehende Streckung der lateralen Sproßknospen kann auf die sich verringende korrelative Hemmung durch die Laubblätter zurückgeführt werden. Die Distanz zwischen den zuerst angelegten Achselknospen und dem Apikalmeristem (in dem sich auch die jüngsten Blattanlagen befinden) vergrößert sich und gleichzeitig sinkt der hemmende Einfluß der Laubblätter. Dabei wird vorausgesetzt, daß sich die hemmende Wirkung des Blattes nicht auf die direkt anliegende, sondern die darunter liegende Achselknospe bezieht (TÖPPERWEIN, 1992). Die korrelative Hemmung vermindert sich auch mit zunehmender Alterung der Laubblätter.

Die Entwicklung der Laubblätter wird bei den untersuchten Pflanzen durch die Ruhe unterbrochen. Die im ersten Vegetationsjahr initiierten Laubblätter entwickeln sich entweder sofort zu einem Laubblatt oder werden erst nach dem Ende der Ecodormanz und damit in der folgenden Vegetationsperiode gestreckt (STEEVES und SUSSEX, 1989).

7.3 Generative Entwicklung

Die generative Entwicklung ist ein zeitlich gestaffelter Vorgang, der sich in die Phasen Induktion, Differenzierung und Streckung der Infloreszenz grob gliedern läßt. Wie die anatomischen Untersuchungen (Abschnitt 6.5 Differenzierung von Infloreszenzen) zeigen, konnten ab dem 16.09. halbkugelförmige Aufwölbungen unter dem Mikroskop beobachtet werden. Die Formänderung und Volumenvergrößerung des Apikalmeristems sind ein Hinweis für die erfolgte Umstimmung und bereits begonnene Blütendifferenzierung. Diese Beobachtungen decken sich mit den Ergebnissen aus der zeitlich gestaffelten Transplantation der Sproßknospen in die In-vitro-Kultur. Bei dieser Untersuchungsmethode waren die Infloreszenzen zeitlich verzögert erkennbar. Die Zeit von der Entnahme und Transplantation bis zum Sichtbarwerden der Infloreszenz betrug bei dem ersten Satz 76 Tage und verringerte sich bei allen weiteren Sätzen. Bei einer Transplantation am 8.11. waren die Infloreszenzen schon nach 8 Tagen sichtbar.

Um den Nachweis der Blüteninitiation mit der In-vitro-Kultur führen zu wollen, ist es notwendig zwischen der gewollten Blütenbildung und einer etwaigen Klonbildung oder Nachnutzung als Jungpflanzenbestand zu unterscheiden. Die Blüten- und Wurzelbildung sind in der Pflanzenentwicklung zwei entgegengesetzte Prozesse (LUMSDEN et al., 1994). Demzufolge bildeten die transplantierten Sproßknospen kaum Wurzeln aus.

Die Isolierung der Sproßknospen im Reagenzglas und deren sich anschließende Entwicklung weisen darauf hin, daß die „Kapazität“ für die Unterstützung dieser Entwicklung zu einem großen Teil im oberen Apikalbereich vorhanden ist. STEEVES und SUSSEX (1989) sprechen in diesem Zusammenhang von einer Apikalaufonomie, bei der die Funktionszuweisung an jede Zelle abgeschlossen ist oder durch hormonelle Regulation aufrechterhalten werden kann. Damit ließe sich die Infloreszenzstreckung auch während der Endodormanz erklären, wie sie in den Untersuchungen festgestellt worden ist.

Zwischen den aus generativer und In-vitro-Vermehrung hervorgegangenen Explantaten gab es in einigen Sätzen größere Unterschiede hinsichtlich der Austriebsrate der Infloreszenzen. In einem Satz war die Abweichung größer als 50 %. Dieser Unterschied läßt sich zunächst nur konstatieren; für eine präzisere Ursachenforschung wären weitergehende Untersuchungen notwendig.

Die Streckung der Infloreszenzen erfolgte unter natürlichen Freilandbedingungen nach dem Abschluß der Ecodormanz. Es konnte gezeigt werden, daß die Streckung von Infloreszenzen positiv durch die Dauer der Kühlperiode im Freiland beeinflusst worden ist. Erfast wurden dabei alle Temperaturen unter 2 °C. So erhöhte sich die Anzahl gestreckter Infloreszenzen bei einer Verlängerung der Kühldauer von 55 h auf 1080 h von 4,15 auf 6,06 Infloreszenzen je Pflanze. Dabei verringerte sich die Dauer bis zur vollständigen Streckung der Infloreszenz von 217 auf 124 Tage. Ebenfalls positiv wirkt sich die Dauer der Kühlung auf die Stiellänge der Blütenstände aus. Diese erhöhte sich bei der angegebenen Staffelung um 2 cm.

Die Streckung von Infloreszenzen unterscheidet sich bei vegetativ und generativ vermehrten Pflanzen signifikant. Unter natürlichen Freilandbedingungen bildeten generativ vermehrte Pflanzen 7,05 Infloreszenzen und vegetativ vermehrte Pflanzen 3,35 Infloreszenzen je Pflanze aus.

Es wurde festgestellt, daß für generativ vermehrte Pflanzen zum Zeitpunkt der Hauptblüte kein Zusammenhang zwischen der Anzahl ausgebildeter Infloreszenzen einerseits und dem Pflanzendurchmesser und der Sproßanzahl besteht. Eine Unterteilung der Sproßknospen in Apikal- und Lateralknospen und eine dementsprechende Berechnung der Korrelation wurde dabei nicht vorgenommen. Es kann aber angenommen wer-

den, daß für die Rezeption des Induktionssignals in der Sproßknospe noch weitere Voraussetzungen gegeben sein müssen, als das bloße Vorhandensein einer vegetativen Sproßknospe. Weitere Faktoren könnten beispielsweise die Größe und das Alter der Sproßknospe zum Zeitpunkt der Blühinduktion, die Dauer der induktiven Bedingungen oder der Ernährungsstatus der Pflanzen sein.

7.4 Dormanz

Der Aktivitätswechsel der Pflanzen ist durch ein starkes Zurücktrocknen der älteren Laubblätter und durch das Fehlen sichtbarer Entwicklungsvorgänge erkennbar. Der Übergang in die Endodormanz ist ein dynamischer Prozeß, der auf physiologischen Vorgängen in der Pflanze basiert. Dieser Übergang hängt weitestgehend von den Umweltfaktoren Tageslänge, Temperatur und Feuchtigkeit ab, deren Wirkung wiederum vom Genotyp und Alter der Pflanzen abhängt (LIBBERT, 1987, FUCHIGAMI und WISNIEWSKI, 1997). Die von JENDE (1995) beschriebenen Untersuchungsergebnisse zeigen weiterhin, daß diese Ruheinduktion sowohl unter Langtags- als auch Kurztagsbedingungen erfolgt. Die beschriebenen Alterungserscheinungen setzen, wie in der vorliegenden Arbeit gezeigt wurde, aber auch bei ununterbrochener Kultivierung im Gewächshaus ein. Das Einzugsverhalten der Stauden unterscheidet sich dabei nur sehr gering. Die Möglichkeit, daß die Ruheinduktion durch das Einwirken niedriger Temperaturen ausgelöst wird, entfällt damit.

Um den Wirkungsmechanismus für die Ruheinduktion eindeutig feststellen zu können, bedarf es weitergehender Untersuchungen mit exakt steuerbaren Umweltfaktoren.

7.5 Wirkungen der cytokinininduzierten Seitentriebbildung und der Kühlung auf die vegetative und generative Entwicklung

In den Versuchen zur externen Applikation von Cytokinin in Form von 6-Benzylaminopurin (BAP) sollte geprüft werden, ob eine cytokinininduzierte Verzweigung von *A. alpinus* möglich ist und welche Auswirkungen sich dadurch auf die Blütenbildung ergeben.

Es konnte nachgewiesen werden, daß die Verzweigung und die Blattausbildung in den angewandten Konzentrationen signifikant beeinflusst worden ist. In den ermittelten Dosis – Effekt – Kurven für 3 Konzentrationsabstufungen waren die deutlichsten Veränderungen des Pflanzendurchmessers gegenüber der Kontrollvariante bei einer Konzentration von 25 mg/l BAP feststellbar.

Cytokinin bewirkt in den Pflanzen eine Erhöhung der DNS-Replikation, der RNS- und Proteinsyntheserate, was wiederum eine Erhöhung der Zellteilungsrate auslöst (SENGBUSCH, 1999). Der Umfang dieser mitotischen Aktivitäten hängt wiederum vom gleichzeitigen Vorhandensein von Auxinen ab (MOHR und SCHOPFER, 1992). Eine weitere Wirkung von Cytokinin besteht in der Verlangsamung von Alterungserscheinungen (SENGBUSCH, 1999).

Bedingt durch die erhöhte Zellteilungsrate kommt es zur Bildung von zunächst undifferenzierten Zellen mit sehr starker Zellwandausdehnung (SENGBUSCH, 1999). Die Ligninimprägnierung dieser stärker wachsenden Zellwandoberfläche erfolgt dagegen langsamer (NILSEN und ORCUTT, 1997). Die vier Wochen nach Behandlungsbeginn einsetzende Rotfärbung der Blätter könnte ein Indiz für die durch die Cytokininapplikation

ausgelöste, höhere Empfindlichkeit der Zellwandoberfläche und die Auslösung einer Anthocyansynthese sein. Hinzu kommt das besonders in den jüngeren Blättern die Auxinproduktion angeregt wird (SENGBUSCH, 1999) und demzufolge die Gesamtkonzentration von Cytokinin und Auxin in den Blättern steigt. Jüngere Blätter weisen zudem eine höhere Durchlässigkeit von synthetischen Stoffen auf (BAUR und SCHÖNHERR, 1996).

Die Produktion endogener Phytohormone findet an einem anderen Ort in der Pflanze statt, als die eigentliche Wirkung (MOHR und SCHOPFER, 1992). Für die exogene Applikation von Cytokininen ist daher der Habitus der Pflanzen von entscheidender Bedeutung, da die Hormonsubstanz entweder von außen oder über den inneren Stofftransport zu den eigentlichen Wirkorten transportiert werden muß. *Aster alpinus* bietet insofern günstige Voraussetzungen, da die schräg angewinkelten, löffelstielartigen Blätter den Stofffluß direkt zum Zellwandmeristem der Achselknospen oder der Sproßbasis ermöglichen.

Das sehr breite und vielschichtige Wirkungsspektrum der Wachstumsregulatoren ist bereits in einigen Publikationen für Stauden dargestellt worden. So stellten auch BESSLER (1993, 1996) und HARKESS und LYONS (1994) Veränderungen in den Korrelationen von Haupt- und Lateralknospen bei Stauden durch die Anwendung von Cytokininen fest. Die durch die Anwendung von Wachstumsregulatoren hervorgerufenen Differenzierungsprozesse stellen einen Eingriff in die Phytohormonbalance der Pflanzen dar und unterliegen gleichzeitig den herrschenden Umweltbedingungen (SENGBUSCH, 1999). Der auf morphologischen Veränderungen der Pflanze basierende Nachweis ist daher sehr schwierig. Dies wird beispielsweise in den Untersuchungsergebnissen von BESSLER und HARKESS und LYONS (1994) deutlich, in denen spezifische Interaktionen zwischen Cytokininen und Auxinen nicht festgestellt werden konnten.

Für den Nachweis cytokinininduzierter Entwicklungsvorgänge werden in der Literatur verschiedene weitere Argumente ins Feld geführt, die zu Fehlinterpretationen führen können. Ohne den Anspruch auf Vollständigkeit zu erheben, sollen nachstehend einige für die Versuche relevante Restriktionen benannt werden:

1. Die Veränderung des Phytohormonhaushalts in der Pflanze führt neben der Erhöhung des applizierten Wachstumsregulators auch zu Veränderungen bei Pflanzenorganen durch die Minderkonzentration anderer, natürlich vorhandener Phytohormone (z. B. die Einschränkung der Adventivwurzelbildung durch die Störung des Cytokinin–Auxinverhältnisses) (MOHR und SCHOPFER, 1992)
2. Der Einfluß der Umweltbedingungen auf den endogenen Phytohormonhaushalt bleibt unberücksichtigt. So verweisen NILSEN und ORCUTT (1997) auf die Beeinflussung der endogenen Cytokininkonzentration durch Lichtqualität und Lichtmenge. Selbst bodenbürtige Bakterien (wie z. B. *Agrobacterium*) sind zur Bildung von Substanzen mit hormonanaloger Wirkung befähigt (ALEMAYEHU, 1997, KENDE und ZEEVART, 1997) und können dadurch Veränderungen im Wachstum der Pflanzen bewirken.
3. Die Wahl des Zeitpunktes der Applikation kann ablaufende Veränderungen im endogenen Phytohormonhaushalt verstärken, abschwächen oder zu Interferenzen führen (BRUINSMA, 1979).
4. Durch die Anlagerung an Aminosäuren und Proteine oder durch Glykosilierung können Cytokinine nachweislich in einen Zustand der zeitweisen Inaktivität überführt werden (SENGBUSCH, 1999).

Die getroffenen Aussagen machen deutlich, daß ohne präzise quantitative Analysen die Ergebnisse einer Applikation nur einen begrenzten Gültigkeitsbereich haben. Derartige Untersuchungen waren im Rahmen dieser Arbeit aber nicht realisierbar.

HARKESS und LYONS (1994) erörtern die phytohormonalen Wirkungen der Cytokinin- und Gibberellinapplikation bei *Rudbeckia hirta* L. im Zusammenhang mit der Blütenentwicklung. So verursachte die Cytokininanwendung während der Blüteninduktion partiell Schädigungen und einen Rückgang der Verzweigungen.

In den Untersuchungen zu *A. alpinus* wurde eine Erhöhung der Anzahl ausgebildeter Infloreszenzen festgestellt. Dies kann darauf zurückgeführt werden, daß durch den verstärkten Austrieb von Lateralknospen mehr endständige Apikalknospen zur Rezeption des Blühstimulus in die Lage versetzt worden sind. Bezogen auf den Zeitpunkt der Applikation würde dies bedeuten, daß die blühinduktive Phase noch nicht abgeschlossen war.

Ebenfalls fördernd auf die Entwicklung der Infloreszenzen könnte sich die stärkere Belaubung ausgewirkt haben. Nach RÜNGER (1971) ist die Affinität der einzelnen pflanzlichen Organe auf Kältereize sehr unterschiedlich. Die Aufnahme des Kältereizes erfolgt vorrangig in den Apikalmeristemen und den jüngeren Blättern. Bedingt durch die Cytokininanwendung war die Zahl „rezeptionsfähiger“ Organe höher. Gleichzeitig verlangsamte sich die Alterung der gestreckten Blätter, wodurch die Kälteeinwirkung über einen längeren Zeitraum gleichzeitig eine größere Pflanzenoberfläche erfasste.

Aufgrund der erzielten Effekte kann der Zeitpunkt der Applikation als effektiv eingeschätzt werden. Dagegen ist das Applikationsverfahren mit insgesamt 12 Behandlungen zu aufwendig, um schon daraus eine praxisrelevante Empfehlung ableiten zu können.

In der vorliegenden Arbeit konnte eindeutig belegt werden, daß die untersuchten Pflanzen sowohl aus generativer Vermehrung als auch aus der In-vitro-Vermehrung ohne Kühlung zur Blütenbildung übergehen. Diese Ergebnisse weichen von den Aussagen von NORDWIG und ERWIN (1998) ab, die für *A. alpinus* 'Goliath' ein obligates Vernalisationsbedürfnis festgestellt haben.

Die Notwendigkeit einer Vernalisation kann darauf zurückgeführt werden, daß durch die Kälte die für die Blütenstreckung notwendige Gibberellinsäure synthetisiert werden muß (SITTE et al., 1998). Dieses Phytohormon liegt andererseits ständig in niedriger Konzentration in der Pflanze vor, wodurch sich die, in geringerem Umfang erfolgte, Streckung der generativen Sproßknospen erklären ließe. Fehlt der Kältereiz ist außerdem der schnelle Abbau der die Infloreszenzstreckung hemmenden Abscisinsäure nicht möglich (DÖRFFLING, 1982 zitiert in: BESSLER, 1993). Die mit zunehmender Kühldauer steigende Austriebsbereitschaft der Infloreszenzen ist somit offensichtlich auf die sich verändernden Konzentrationen von Gibberellin- und Abscisinsäure zurückzuführen.

Wie läßt sich damit aber die geringe Anzahl gestreckter Infloreszenzen bei Pflanzen, die im Kühlraum gekühlt worden sind, erklären?

Die Kühldauer im Freiland für den Temperaturbereich von -10 bis 2 °C betrug bei den untersuchten Varianten maximal 134 Tage. Anschließend wurden die Pflanzen im Gewächshaus weiter kultiviert. Die Steigerung der Kühldauer im Freiland erbrachte einen Anstieg der Anzahl ausgebildeter Infloreszenzen je Pflanze um 3,5 auf 4,85 gegenüber den ungekühlten Pflanzen. Die Zeit bis zum Erreichen der Hauptblüte verringerte sich mit zunehmender Kühlung um 140 Tage. Auch die Stiellänge der Infloreszenzen vergrößerte sich um bis zu 2 cm.

Der Vergleich mit den ausschließlich im Freiland kultivierten Pflanzen (7,05 Infloreszenzen je Pflanze) macht aber deutlich, daß die maximale Anzahl gestreckter Infloreszenzen mit den hier untersuchten Kühlstufen so-

wohl im Freiland als auch im Kühlraum nicht erreicht werden konnte. Neben der Dauer der Kälteeinwirkung sind die abweichenden Ergebnisse offensichtlich auch auf die unterschiedlichen Kühltemperaturen zurückzuführen. NAPP-ZINN (1973) zeigte, daß sich in der Regel die optimale Vernalisationstemperatur verringert, wenn sich die Dauer der Kühlbehandlung erhöht. Obwohl die Kühlung im Kühlraum und im Freiland auf dem gleichen Wirkungsprinzip beruht, kann die Gültigkeit dieser Aussage daher nicht pauschal auf belaubt überwinternde Stauden übertragen werden.

Die Analyse der Wechselwirkungen zwischen der Kühldauer und der Cytokinapplikation macht deutlich, daß die Anzahl der ausgebildeten Infloreszenzen mit zunehmender Kühldauer und der Anwendung von BAP ansteigt. Einschränkend muß aber festgehalten werden, daß die Wirkung der Kühlung auf die Streckung von Infloreszenzen signifikant höher ist als die Anwendung von 6-Benzylaminopurin. Beide Steuerungsmöglichkeiten zusammen haben jedoch eine positive, additive Wirkung auf die Anzahl gestreckter Infloreszenzen.

8 Empfehlungen für die gärtnerische Praxis

Für die Bereicherung des Angebotes blühender Topfstauden wurde der Entwicklungsrhythmus von *Aster alpinus* 'Happy End' unter dem Aspekt der Verbesserung des gärtnerischen Kulturverfahrens untersucht. Die vorliegenden Ergebnisse ermöglichen eine verbesserte gärtnerische Nutzung zur Produktion von *Aster alpinus* als blühende Topfstau­de.

Die wirtschaftliche Bedeutung des Absatzes als blühende Topfstau­de ist derzeit gering; in den Absatzzahlen einzelner Blumenversteigerungen (z. B. NBV Neuss, VBA Aalsmeer) ist sie bislang überhaupt nicht erfaßt. Dies dürfte auf den geringen Bekanntheitsgrad und die ebenso wenig bekannte mögliche Nutzungsform als blühende Topfstau­de zurückzuführen sein. Dennoch bestehen aufgrund der vergleichsweise niedrigen Produktionskosten und der geringen Verbreitung gute Möglichkeiten der Absatzausweitung.

Technische Voraussetzungen

Für die Aussaat und die Verfrühung wird das Vorhandensein eines Gewächshauses vorausgesetzt. Die Heizungsanlagen müssen während der Keimungsphase für eine Mindesttemperatur von 15 °C und während der Verfrühungsphase für eine Temperatur von 10 °C ausgelegt sein.

Günstig ist es, wenn zusätzlich eine Kühleinrichtung mit Mantelkühlung genutzt werden kann, bei der die Temperaturen auf bis zu 2 °C gesenkt werden kann. Diese Option empfiehlt sich besonders in Regionen mit hohen Wintertemperaturen, in denen eine Absättigung des Kältebedürfnisses durch den natürlichen Witterungsverlauf nicht gewährleistet werden kann.

Vermehrung

Die in der Literatur ausschließlich empfohlene generative Vermehrung bestätigte sich auch in den Versuchen als die vorteilhafteste Variante. Das Verfahren zeichnet sich durch eine hohe Kultursicherheit, eine optimale Korrelation zwischen Pflanzendurchmesser und Anzahl lateraler Sproßknospen, homogene Bestände und durch einen geringen Arbeitsaufwand aus.

A. alpinus hat im Vergleich zu anderen Topfblumen eine relativ lange juvenile Phase und benötigt deshalb eine längere Vorkultur, um bis zur blühinduzierenden Phase genügend kompetente Apikalmeristeme anzulegen. Um dies zu gewährleisten, werden in den Saatgutkatalogen Aussaatzeiträume beginnend ab Dezember angegeben. Für die Produktion als Topfpflanze erscheint jedoch ein Aussaatzeitraum von Ende Februar bis Mitte März ausreichend.

Für die Topf- und Verfrühungskultur sollte die Aussaat in Saatkisten erfolgen. Die Keimung erfolgt nach 15 bis 20 Tagen bei 15 °C. Nach der Keimung sollten die Temperaturen für eine bessere Akklimatisation auf 12 °C gesenkt werden. Drei Wochen nach der Aussaat können die Pflanzen in Endtöpfe pikiert und nach weiteren drei Wochen im Freiland ausgestellt werden.

Blühinduktion

Die Differenzierung der Infloreszenzen war ab Mitte September mit dem Mikroskop erkennbar. Das bedeutet, daß die Blühinduktion spätestens Anfang September stattgefunden haben muß oder auch stattfindet. Der Zeitraum vom Kulturbeginn bis zur Blühinduktionsphase beträgt demzufolge ca. 6 Monate.

Applikation von Cytokinin

Die Applikation von 6-Benzylaminopurin während der vegetativen Phase führt zu einer schnelleren Seitentriebbildung und die Bildung eines größeren Pflanzendurchmessers durch die verstärkte Streckung bereits differenzierter Laubblätter. Wichtig für den Anwendungserfolg ist, daß das laterale Meristem dabei direkt in den Kontakt mit dem Wachstumsregulator zu bringen ist. Aus methodischer Sicht ist eine Sprühapplikation bei den hier untersuchten Pflanzen durchaus praktikabel. Dabei sollten während der Behandlung benachbarte Pflanzenbestände ausreichend abgeschirmt werden können.

Bei der Anwendung von Cytokinin ist zu beachten, daß diese sich zwar fördernd auf die Ausbildung von Lateralknospen auswirken, gleichzeitig aber auch die Wurzelbildung hemmen. Bis zum gegenwärtigen Zeitpunkt sind eine Reihe weiterer wichtiger Fragen, wie modifizierte Anwendungszeiträume, veränderte Konzentrationen, toxische Wirkungen, der Einfluß der Witterungsbedingungen oder auch die Anwendungsmethode noch nicht ausreichend geklärt. Daher stellen die derzeitigen Versuchsergebnisse noch keine generelle Empfehlung für eine breite Anwendung in der gärtnerischen Praxis dar.

Endodormanz

Der Übergang in die Endodormanz erfolgt unabhängig von äußeren Bedingungen Anfang bis Mitte Oktober. Dabei spielt die Temperatur offensichtlich keine Rolle. Die äußeren Merkmale für den Eintritt in diese Phase sind das Zurücktrocknen der großen, älteren Laubblätter und die Inaktivität der Pflanzen. Die dabei zurückbleibende Laubtunika kann bei zu warmer Kultivierung ein Gefahrenherd für die Ausbreitung von Krankheitserregern sein. Daher ist zu empfehlen, die Pflanzen bis zur Absättigung des Kühlbedürfnisses im Freiland oder in frostfreien, kühlen Häusern zu belassen.

Kühlung

Eine entscheidende Bedeutung für den Zeitpunkt des Blühens und die Anzahl der gestreckten Infloreszenzen hat die Dauer der Kühlung. Ab einer Kühdauer von 55 h unter 2 °C unter natürlichen Witterungsbedingungen werden gegenüber ungekühlten Pflanzen schon signifikant mehr Infloreszenzen gestreckt. Das Kältebedürfnis scheint jedoch erst bei einer natürlichen Kälteperiode von etwa 1400 h vollständig abgesättigt zu sein. Problematischer ist dagegen die Kühlung im Kühlraum. Bei der Kultivierung ist zu berücksichtigen, daß belaubt überwinternde Stauden auch während der Ruheperiode assimilieren. Eine Belichtung auch während der Kühlphase ist daher obligat. Die erforderliche Belichtung bedingt wiederum einen höheren Energieaufwand, um die Kühltemperatur durchgängig einhalten zu können.

Eine mögliche Strategie, um die Absättigung des Kältebedürfnisses zu gewährleisten, könnte darin bestehen, daß die aktuellen Kühltemperaturen (< 2 °C) im Freiland ständig erfaßt werden. Ergänzend dazu könnte bei Bedarf ab November eine Kühlung im Kühlraum bis zur Absättigung des maximalen Kältebedürfnisses erfolgen. Diese Verfahrensweise würde eine ausreichende Akklimatisierung der Pflanzen vor dem Einräumen in Kühlräume garantieren. Zudem könnte der Energieeinsatz für den Kühlraum, bedingt durch die zu diesem Zeitpunkt niedrigen Außentemperaturen, vermindert sowie die Verweildauer der Pflanzen im Kühlraum verringert werden.

Wie in den vorliegenden Ergebnissen gezeigt werden konnte, hat die Kühdauer einen wesentlichen größeren Einfluß auf die Anzahl gestreckter Infloreszenzen als die exogene BAP-Applikation. Aus Gründen der Kultursicherheit und eines möglichst frühzeitigen Absatzes von Pflanzen mit Infloreszenzknospen ist daher eine ergänzende Kühlung im Kühlraum unverzichtbar.

Streckung der Infloreszenz

Nach Übertragung der ausreichend gekühlten Pflanzen (mind. 1000 h unter 2 °C) aus dem Kühlraum und/oder Freiland in das Gewächshaus mit einer Solltemperatur von 15 °C sind etwa 80 Tage nach dem Kühlen mehr als 50 % der angelegten Infloreszenzen farbeiziegend. Durch die Staffclung der Einräumtermine in das Gewächshaus läßt sich der Absatzzeitraum von Ende März bis Mitte Mai ausdehnen.

9 Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wurden Untersuchungen zum Entwicklungsrhythmus von *Aster alpinus* L. 'Happy End' durchgeführt. Ziel dieser Arbeit ist es, daraus Empfehlungen für die Kulturführung abzuleiten, die für die Produktion als blühende Topfstauke relevant sind.

Der Arbeit vorangestellt ist eine Literaturübersicht, in der bisherige Arbeiten und Untersuchungsergebnisse zur Entwicklungsrhythmik von Stauden vorgestellt werden.

Im ersten Untersuchungsabschnitt wurden zunächst die Entwicklungsabläufe über drei Vegetationsperioden bonitiert und bewertet. Dazu werden vegetative und generative Entwicklungsabschnitte nach unterschiedlichen Vermehrungsverfahren dargestellt. Aufgrund der hohen Ausfallrate bei vegetativ vermehrten Pflanzen (in vitro, Stecklinge) wird in den Folgeuntersuchungen primär auf generativ vermehrte Pflanzen zurückgegriffen.

Um den Zeitpunkt der Blühinduktion und der beginnenden Differenzierung einzugrenzen, wurden Sproßknospen auf Nährmedien transplantiert und beobachtet, sowie Mikrotomschnitte von Sproßknospen angefertigt. Um die verschiedenen Entwicklungsstadien des Apikalmeristems sichtbar zu machen, wurden diese Schnitte eingefärbt.

Die Ergebnisse zeigen, daß die Blühinduktion spätestens bis Mitte September stattfindet. Ende September wurde eine Verbreiterung und Mitte Oktober eine beginnende Aufwölbung des reproduktiven Apikalmeristems festgestellt.

Die weitere Differenzierung der Blütenanlagen und die vegetative Entwicklung wird durch den Beginn der Endodormanz beeinflusst. Der Übergang in diese Phase wird weder durch die Temperatur noch durch die Tageslänge signifikant beeinflusst.

Die weitere Entwicklung nach der endogen regulierten Dormanzphase ist entscheidend von der Absättigung des Kältebedürfnisses abhängig. Der Faktor Kühldauer beeinflusst den Blühzeitpunkt und die Anzahl der gestreckten Infloreszenzen. Die Absättigung des Kältebedürfnisses ist jedoch nicht obligat, da auch ohne Kühlung die Streckung von Infloreszenzen in geringer Anzahl erfolgt.

In weiteren Untersuchungen sollte der Einfluß der Applikation mit dem Cytokinin 6-Benzylaminopurin (BAP) und der Kühldauer geprüft werden, um hieraus Möglichkeiten für gärtnerische Kulturverfahren abzuleiten.

Die Cytokininapplikation mit BAP verursachte bei der angewandten Versuchsmethodik eine signifikant höhere Anzahl gestreckter Sproßknospen und einen signifikant größeren Pflanzendurchmesser. Der Einfluß auf die in der folgenden Vegetationsperiode gestreckten Infloreszenzen war dagegen sehr gering und nicht signifikant gegenüber der unbehandelten Variante.

Die Kühldauer und die Bedingungen, unter denen die Kühlung verläuft, haben einen entscheidenden Einfluß auf die generative Entwicklung. Dabei hat sich herausgestellt, daß bei *Aster alpinus* 'Happy End' eine Vorverlegung des Blühtermins auf Ende März / Anfang April möglich ist. Insbesondere die Absättigung des Kältebedürfnisses unter natürlichen Bedingungen bewirkt signifikant mehr gestreckte Infloreszenzen.

Versuchskombinationen, in denen Pflanzen mit BAP behandelt worden sind und anschließend unterschiedlich lange gekühlt wurden, ergaben, daß der Einfluß der Kühlung auf die Anzahl gestreckter Infloreszenzen größer ist, als die Einzelwirkung einer BAP-Applikation.

Ausgehend von den in dieser Arbeit gewonnenen Ergebnissen und Erfahrungen werden abschließend Empfehlungen für die gärtnerische Praxis abgeleitet.

Literaturverzeichnis

- ALEMAYEHU, M., (1997): Untersuchungen über Vorkommen und Bedeutung Auxin- und Cytokininaktiver Stoffwechselprodukte bei phytosanitär wirksamen *Bacillus-subtilis*-Isolaten, Dissertation, Humboldt-Universität Berlin
- ARMITAGE, A. M., GARNER, J. M., (1999): Photoperiod and cooling duration influence growth and flowering of six herbaceous perennials, *Journal of Horticultural Science & Biotechnology*, 74 (2), S. 170-174
- AUER, C. A., V. MOTYKA, V., BREZINOVA, A., KAMINEK, M. (1999): Endogenous cytokinin accumulation and cytokinin oxidase activity during shoot organogenesis of *Petunia hybrida*, *Physiologia Plantarum* 105, S. 141-147
- AYDELOTTE, A. R., DIGGLE, P. K. (1997): Analysis of developmental preformation in the alpine herb *Caltha leptosepala* (Ranunculaceae), *American Journal of Botany*, Vol. 84, S. 1646
- BÄRLOCHER, F. (1999): Biostatistik, Georg Thieme Verlag, Stuttgart
- BAUER, H. (1997): Forschungsprojekt: Beeinflussung der Blattseneszenz durch Neutriebe, Universität Innsbruck, Institut für Botanik, abgerufen 1998 unter: <http://dm2.uibk.ac.at/fodok/C/7170503.html>
- BAUR, P., SCHÖNHERR, J. (1996): Die Aufnahme systemischer Wirkstoffe über Blätter: Grundlagen und Optimierung, *Gartenbauwissenschaft*, 61, S. 105-115, Verlag Eugen Ulmer Stuttgart
- BERNIER, G., KINET, J. M. (1986): The control of flower initiation and development, In: BOPP, M. (ed.) *Plant growth substances 1985*, Springer Verlag Heidelberg
- BESSLER, B. (1993): Untersuchungen zur Morphologie, Aktivitätswechsel und gärtnerische Nutzbarkeit von *Dodecatheon meadia* L., Dissertation, Universität Hannover
- BESSLER, B. (1996): Vorsicht bei Versuchen mit BAP!, *Deutscher Gartenbau*, 21, S.1217-1220
- BRUINSMA, J. (1979): Die Bedeutung von Phytohormonen und synthetischen Regulatoren für die pflanzliche Entwicklung und Ertragsbildung, In: Hohenheimer Arbeiten: Anwendungsmöglichkeiten von Phytohormonen und Wachstumsregulatoren in der Pflanzenproduktion, *Heft 105*, Verlag Eugen Ulmer Stuttgart,
- COX, D.A. (1988): Production of *Centaurea* for early spring sales, Alabama agricultural Experiment station, Research Reports Series, 1987 publ. 1988. No. 5, S.13-14
- DENNIS, F. G. (1994): Dormancy-What We Know (and Don't Know), *HortScience* 29 (11), 1249-1250
- DIGGLE, P. K. (1997): Extreme preformation in alpine *Polygonum viviparum*: an architectural and developmental analysis, *American Journal of Botany*, Vol. 84, S. 154
- EBEL, F., BLIEFERT, C. (1994): Diplom- und Doktorarbeit - Anleitungen für den wissenschaftlich-technischen Nachwuchs, VCH Verlagsgesellschaft Weinheim, 2. Auflage
- EREZ, A. (1987): Chemical Control of budbreak, *HortScience* 22, S. 1240-1243
- ESCHRICH, W. (1995): Funktionelle Pflanzenanatomie, Springer Verlag, Berlin
- EVANS, M. R., LYONS, R. E. (1988): Photoperiod- and Gibberellin-induced Growth and Flowering responses of *Gaillardia x grandiflora*, *HortScience* 23, S. 584-586
- FAUST, M., EREZ, A., ROWLAND, L. J., WANG, S. Y., NORMAN, H. A. (1997): Bud Dormancy in Perennial Fruit Trees: Physiological Basis for Dormancy Induction, Maintenance and Release, *HortSci-*

ence 32 (4), S. 623-629

- FUCHIGAMI, L..H., NEE, C. C. (1987): Degree growth stagemodel and rest-breaking mechanisms in temperature woody perennials, *HortScience* 22, S.136-145
- FUCHIGAMI, L. H., WISNIEWSKI, M. (1997): Quantifying Bud Dormancy: Physiological Approaches, *HortScience* 32 (4), S.618-623
- GANSLMEIER, H., HENSELER, K. (1985): *Schnittstauden*, Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart
- GIRMEN, M. (1986): *Untersuchungen zur In-vitro-Kultur von Geophyten*, Dissertation, Universität Hannover
- GRUNERT, C. (1972): *Gartenblumen von A – Z*, Neumann Verlag Leipzig
- HANSEN, R., STAHL, F. (1981): *Die Stauden und ihre Lebensbereiche in Gärten und Grünanlagen*, Verlag Eugen Ulmer Stuttgart
- HARKESS, R.L., LYONS, R. E. (1994): Gibberellin- and Cytokinin-induced Growth and Flowering Responses in *Rudbeckia hirta* L., *HortScience* 29 (3), S. 141-142
- HUXLEY, A. (1992): *The New Royal Horticultural Society – Dictionary of Gardening*, The Maximilian Press Ltd. London
- ILES, J. K., AGNEW, N. H. (1993): Determining Cold Hardiness of *Heuchera sanguinea* Engelm. 'Chatter-box' using Dormant crowns, *HortScience* 28 (11), S. 1087-1088
- JANSEN, H., BACHTHALER, G., FÖLSTER, E., SCHARPF, H. C. (1989): *Gärtnerischer Pflanzenbau*, 2. Aufl., Verlag Eugen Ulmer Stuttgart
- JELITTO, L., SCHACHT, W., FESSLER, A. (1990): *Die Freilandschmuckstauden*, 4. Aufl., Verlag Eugen Ulmer Stuttgart
- JENDE, A. (1995): *Untersuchungen zum Wachstums- und Entwicklungsrhythmus bei belaubt überwinternden Stauden am Beispiel Aster alpinus*, Diplomarbeit, Humboldt-Universität Berlin
- JUNG, S. (1992): *Analyse des Erkenntnisstandes zu den Einflußfaktoren Licht und Temperatur auf die Blüte bei Stauden*, Diplomarbeit, Humboldt-Universität Berlin
- KAUSSMANN, B., SCHIEWER, U. (1989): *Funktionelle Morphologie und Anatomie der Pflanzen*, Gustav Fischer Verlag Stuttgart
- KENDE, H., ZEEVAART, J. A. D. (1997): The Five "Classical" Plant Hormones, *The Plant Cell*, Vol. 9, S. 1197-1210
- KRAMER, S., THOMAS, G., SCHUHARDT, C. (1978): Wachstum und Entwicklung der Erdbeere sowie mögliche Beeinflussung durch Wachstumsregulatoren, *Wissenschaftliche Zeitschrift der Humboldt-Universität Berlin, Math.-Nat. Reihe XXVII, Nr. 5*, S. 499-505
- KÜHN, J. (1996): Kühlung hebt die Hemmung auf, *Taspo-Gartenbaumagazin*, S. 28-29
- KÜHN, J. (1997): Stauden aus kurzer Kultur, *Gärtnerbörse Nr. 13*, S. 724-727
- LANDOLT, E. (1992): *Unsere Alpenflora*, Gustav Fischer Verlag Stuttgart
- LANG, G. A., EARLY, J. D., MARTIN, G. C., DARNELL, R. L. (1987): Endo-, para- and ecodormancy: physiological terminology and classification for dormancy research, *HortScience* 22, S.371-377
- LANG, A., MSU-DOE, (1984): Blühormon oder Florigen?, b-online@botanik.uni-hamburg.de, Sengbusch, P. (Botanik-Online), Abruf: 1999
- LAUBER, K., WAGNER, G. (1998): *Flora Helvetica*, 2. Aufl., Verlag Paul Haupt Bern
- LE MIÉRE, P., HADLEY, D. J., BATTEY, N. H. (1998): The effect of thermal environment, planting date

and crown size on growth, development and yield of *Fragaria annanassa* Duch. cv. Elsanta, Journal of Horticultural Science & Biotechnology, 73 (6), S. 786-795

- LEVITT, J. (1980): Response of plants to environmental stresses, Vol. 2 Academic Press, London
- LIBBERT, E. (1954): Das Zusammenwirken von Wuchs- und Hemmstoffen bei der korrelativen Knospenhemmung, *Planta* 44, S. 286-318
- LIBBERT, E. (1987): Lehrbuch der Pflanzenphysiologie, Gustav Fischer Verlag Stuttgart, Jena, New York
- LUMSDEN, P. J., NICHOLAS, J. R., DAVIES, W. J. (1994): Physiology, Growth and Development of Plants in Culture, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht
- LYNDON, R. F. (1983): The mechanism of leaf initiation, In: The growth and function of Leaves, Cambridge University Press, New York, S. 3-24
- MEISSNER, E. (1975): Das Verfrühen von Stauden, VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag Berlin
- MOHR, H., SCHOPFER, P. (1992): Lehrbuch der Pflanzenphysiologie, Springer Verlag, Berlin, 4. Auflage
- MUNZERT, M. (1992): Einführung in das pflanzenbauliche Versuchswesen, Paul Parey Verlag, Berlin und Hamburg
- MURASHIGE, T., SKOOG, F. (1962): A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures, *Physiologia Plantarum* 15, S. 473-479
- NAPP-ZINN, K. (1973): Low temperature effect on flower formation, In: Temperature and life (Precht, H., Christophersen, J., Hensel, H. und Larcher, W.), Springer Verlag Berlin
- NÉMETH, E., PHAM, T. V. (1995): Vegetative Vermehrung von vier *Mentha*-Arten, *Gartenbauwissenschaft*, 60 (1), S. 34-37
- NEITZEL, M., SPETHMANN, W. (1996): Einfluß der Kühlperiode und der Tageslänge auf die Blütenbildung von *Delphinium*-Hybriden, *BDGL-Schriftenreihe*, Bd. 14, S.42
- NILSEN, E., D. ORCUTT, D. (1997): Physiology of plants under stress, Acad. Press, New York
- NORDWIG, G., ERWIN, J. (1999): Forcing Perennials, *Minnesota Commercial Flower Growers Bulletin*, Vol. 45 (2); aus: http://www.florifacts.nmu.edu/bulletins/Bull_March_body.htm; download: 28.06.1999
- PINKER, I., JESCH, H.-H., SPILLECKE, J. (1997): Anpassung mikrovermehrter Gehölze an Freilandkultur beginnt im Labor, *Taspo-Gartenbaumagazin* (8), S. 38-40
- PLANCHER, B. (1974): Untersuchungen über die Wirkung von Temperatur und Tageslänge auf die winterliche Wuchshemmung bei Erdbeeren, Dissertation, Universität Hannover
- POETHIG, R. S. (1997): Leaf morphogenesis in flowering plants, *The Plant Cell*, Vol. 9, S. 1077-1087
- RASCH, D. (1983) Biometrie-Einführung in die Biostatistik, VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag Berlin
- REISIGL, H., KELLER, R. (1994): Alpenpflanzen im Lebensraum, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart
- ROTHMALER, W. (1996): Exkursionsflora von Deutschland, Band 2, Gustav Fischer Verlag Jena
- RÜNGER, W. (1971): Blütenbildung und Blütenentwicklung, Verlag Paul Parey, Berlin
- RÜNGER, W. (1976): Licht und Temperatur im Zierpflanzenbau, Verlag Paul Parey, Berlin
- RUPPRECHT, H. (1965): Treiben und Verfrühen von Blütegehölzen, Radebeul
- RUPPRECHT, H., MEISSNER, E. (1984): Zierpflanzenbau, Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin
- SCHÖLLKOPF, W. (1995): Astern, Verlag Eugen Ulmer Stuttgart (Hohenheim)

- SCHOPFER, P., BRENNICKE, A. (1999): Pflanzenphysiologie, Springer Verlag Berlin
- SCHUBERT, R., WAGNER, G. (1988): Pflanzennamen und botanische Fachwörter, Neumann Verlag Leipzig
- SCHUHMACHER, E., THÖNI, H. (1990): Auswertung von Boniturwerten, Agrarinformatik, Bd. 18, S. 51-62, UTB Stuttgart
- SCHUHMACHER, E., FRITSCH, M. (1995): Permutationstest zur Analyse von Boniturwerten in einfachen Versuchsanlagen, Zeitschrift für Agrarinformatik (5), S. 107-113
- SCHWENKEL, H. G. (1991): Regeneration von *Cyclamen persicum* Mill. in vitro und deren Integration in die Cyclamenzüchtung, Dissertation, Universität Hannover
- SEELEY, S. D. (1994) Dormancy - The Black Box, HortScience 29 (11), S. 1248-1254
- SEELEY, S. D., POWELL, L. E. (1981): Seasonal changes of free and hydrolyzable abscisic acid in vegetative apple buds, J. Amer. Soc. Hort. Sci. 106, S. 405-409
- SEIFFERT, F. (1994): Untersuchungen zum Wachstums- und Entwicklungsrhythmus von *Trollius*-Hybriden, Diplomarbeit, Humboldt-Universität Berlin
- SITTE, P., ZIEGLER, H., EHRENDORFER, F., BRESINSKY, A. (1998): Physiologie, In: Strasburger, E., Lehrbuch der Botanik, Gustav Fischer Verlag Stuttgart, 34. Aufl.
- SØNSTEBY, A., NES, A. (1998): Short days and temperature effects on growth and flowering in strawberry (*Fragaria annanassa* Duch.), Journal of Horticultural Science & Biotechnology, 73 (6), S. 730-736
- STEEVES, T.A., SUSSEX, I.M. (1989): Patterns in Plant Development, Cambridge University Press, New York
- STOFFERT, G. (1998): Stauden als Zierpflanzen, Gärtnerbörse Nr. 9, S. 20-23
- TAEGER, R. (1990): Untersuchungen zur Terminisierbarkeit verschiedener Iris-Arten unter besonderer Berücksichtigung der *Iris germanica* 'Fancy', Dissertation, Humboldt-Universität Berlin
- THRAN, P. (1990): Zur Phänologie frühblühender Kryptophyten, Bayer. Landwirtschaftliches Jahrbuch, Sonderheft, S. 365-374 (Fachtagung BIOMET, 11.10.1989)
- TÖPPERWEIN, H. (1992): Die Rolle der Blätter bei der korrelativen Hemmung von Seitentrieben, Dissertation, Universität Hannover
- TROLL, W. (1964): Die Infloreszenzen, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart
- WAGNER, K. (1989): Erkenntnisse und Untersuchungen zum Verlauf der vegetativen und generativen Phase bei Stauden, Belegarbeit, Humboldt-Universität Berlin
- WAREING, P. F., SAUNDERS, P. F. (1970): The Control of Growth and Differentiation in Plants, Pergamon Press Ltd., Oxford
- WAREING, P. F., SAUNDERS, P. F. (1971): Hormones and Dormancy, Annual Review of Plant Physiology, 22, S. 261-288
- WAREING, P. F., PHILIPS, I. D. J. (1981): Growth and Differentiation in Plants, Pergamon Press, 3. Auflage, Oxford
- WHITE, J.W., CHEN, H., ZHANG, X., BEATTIE, D. J., GROSSMANN, H. (1990): Floral Initiation and Development in *Aquilegia*, HortScience 25 (3), 294-296
- WHITMAN, C. M., HEINS, R. D., CAMERON, A. C., CARLSON, W. H. (1997): Cold Treatment and Forcing Temperature Influence Flowering of *Campanula carpatica* 'Blue Clips', HortScience 32 (5), S. 861-865

- WICKI-FREIDL, P. (1990): *Lewisia* als Topfpflanze interessant?, Gb+Gw, 90 (13), S. 633-638
- WILKINS, H.F. (1985): *Convallaria majalis*, In: Halevy, A.H. (Hrsg.) 1985 ff.: CRC Handbook of Flowering Vol. 2, CRC Press, Inc. Boca Raton
- WILKINS, M. B. (1979): Physiology of Plant Growth and Development, TATA McGraw-Hill Publishing Co. Ltd., New Delhi
- ZANDER, R., ENCKE, F., BUCHHEIM, G., SEYBOLD, S. (1993): Handwörterbuch der Pflanzennamen, 14. Auflage, Eugen Ulmer Verlag Stuttgart
- ZHANG, G., ARMITAGE, A. M., AFFOLTER, J. M., DIRR, M. A. (1996): Environmental control of Flowering and Growth of *Achillea millefolium* L. 'Summer Pastels', HortScience 31, S. 364-365
- ZHANG, G., ARMITAGE, A. M., AFFOLTER, J. M., DIRR, M. A. (1995): Environmental control of Flowering and Growth of *Lysimachia congestiflora* Hemsl., HortScience 30 (1), S. 62-64
- ZIMMER, K. (1983): *Campanula pyramidalis* L.-III. Einfluß von Temperatur und Photoperiode auf das Blattwachstum, Gartenbauwissenschaft, 51 (6), S. 245-249
- ZIMMER, K. (1983): *Campanula pyramidalis* L.-V. Photoperiode nach der Kühlung und Gibberellinsäure-Wirkung, Gartenbauwissenschaft, 48 (2), S. 61-67
- ZIMMER, K. (1986): Das Blühen von *Primula denticulata* Smith., Gartenbauwissenschaft, 51 (6) S. 250-254
- ZIMMER, K. (1987): Untersuchungen an *Ixiolirion tataricum*, Deutscher Gartenbau, 41 (36), S. 2138-2141
- ZIMMER, K. (1987): Zum Blühen von Asten, Deutscher Gartenbau 43, S. 2578-2581
- ZIMMER, K. (1994): Periodische Entwicklung von *Chionodoxa luciliae* Boiss., Gartenbauwissenschaft, 59 (5), S. 211-214
- ZIMMER, K. (1995): Periodische Entwicklung von *Puschkinia scilloides* var. *libanotica* (Zucc.) Boiss., Gartenbauwissenschaft, 60 (2), S. 58-61
- ZIMMER, K. (1999): Zum Blühen von *Aster dumosus*, Deutscher Gartenbau 10, S. 20-22
- ZIMMER, K. (1999): Zum Blühen von *Aster dumosus*, Persönliche Mitteilungen
- ZIMMER, K., MISZLAI, K. (1982): Das Kältebedürfnis von Stauden, Deutscher Gartenbau, 36 (50), S. 2066-2070
- ZIMMER, K., NINK, T. (1987): Wachstum von *Ixiolirion tataricum*, Gartenbauwissenschaft, 52 (5), S. 213-218

Danksagung

Nach Abschluß der Arbeit gilt mein besonderer Dank meiner wissenschaftlichen Betreuerin, Frau Dr. Jutta Kühn, für die ausgesprochen gute Betreuung dieser Arbeit. Ihr stetiges Engagement für den Fortgang der Arbeit und die vielfältigen fachlichen Anregungen waren mir eine große Hilfe. Sie hat es verstanden, mir viel Freiraum zu lassen und dennoch an den entscheidenden Stellen durch Hinweise und Anleitungen aus ihrem Wissens- und Erfahrungsschatz zum Gelingen dieser Arbeit richtungsweisend beizutragen.

Weiterhin möchte ich allen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des Institutes für Gartenbauwissenschaften in Berlin-Köpenick, ohne deren Mithilfe ein Gelingen dieser Arbeit nicht möglich gewesen wäre, meinen Dank aussprechen.

Nicht zuletzt möchte ich mich auch bei Herrn Dr. K. Zoglauer vom Institut für Biologie der Humboldt-Universität Berlin für die gezeigte Hilfsbereitschaft und seine kritischen Anmerkungen bedanken.

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre, daß ich die vorliegende Arbeit selbständig und nur unter Verwendung der angegebenen Literatur und Hilfsmittel angefertigt habe, sowie, daß diese Arbeit keiner anderen Prüfungskommission vorgelegt worden ist.

Berlin, den 19.06.2000

.....

Andreas Jende

Anhang

A1 Termine für die Anzucht und Weiterkultur der im Rahmen der Untersuchungen verwendeten Pflanzenbestände

1.) Generative Vermehrung	Aussaat	Pikieren	Topfen	Bemerkungen
1996				
- Satz Nr. 1	30.01.	19.02.	10.07.	keine Auswertung
- Satz Nr. 2	15.02.	19.03.	10.07.	
- Satz Nr. 3	06.03.	25.04.	10.07.	
1997				
- Satz Nr. 1	30.01.	05.03.		wurde verworfen
- Satz Nr. 2	15.02.	12.03.	19.07.	

2.) Vegetative Vermehrung	Stecktermin		Topfen	
1997				
- Satz Nr. 1	21.02.		27.06.	
- Satz Nr. 2	05.06.		--	irreversible Schädigung

A2 Entwicklung des Pflanzendurchmessers [cm] bei generativer und vegetativer Vermehrung und jeweils zwei Vermehrungsterminen (Abbildung 6.1. bis 6.2.)

Generative Vermehrung; Aussaattermin: 15.02.

Mittelwerttabelle (n = 10)

Tage nach Aus- saat	0	140	158	192	229
μ	0	6,18	12,59	13,25	20,32

Varianztabelle

	SQ	FG	MQ	F	Signifikanz ($p \leq 5\%$)
Regression	26875,915	1	26875,915	22,391	0,018
Residuen	3600,885	3	1200,295		
Gesamt	30476,800	4			

Generative Vermehrung; Aussaattermin: 06.03

Mittelwerttabelle (n = 10)

Tage nach Aus- saat	0	119	137	171	208
μ	0	13,1	13,25	18,86	14,68

Varianztabelle

	SQ	FG	MQ	F	Signifikanz ($p \leq 5\%$)
Regression	20839,800	1	20839,800	15,827	0,028
Residuen	3950,200	3	1316,733		
Gesamt	24790,000	4			

Vegetative Vermehrung; Stecktermin: 08.03

Mittelwerttabelle (n = 10)

Tage nach Vermeh- rung	0	86	146	206
μ	3,93	6,90	13,57	20,25

Varianztabelle

	SQ	FG	MQ	F	Signifikanz ($p \leq 5\%$)
Regression	21706,640	1	21706,640	29,326	0,032
Residuen	1480,360	2	740,180		
Gesamt	23187,000	3			

Vegetative Vermehrung; Stecktermin: 23.03

Mittelwerttabelle (n = 10)

Tage nach Vermeh- rung	0	71	131	191
μ	6,75	17,9	20,09	20,35

Varianztabelle

	SQ	FG	MQ	F	Signifikanz ($p \leq 5\%$)
Regression	15615,074	1	15615,074	7,009	0,118
Residuen	4455,676	2	2227,838		
Gesamt	20070,750	3			

A3 Korrelation zwischen der Anzahl sichtbarer Sproßknospen und dem Pflanzendurchmesser [cm] am 10.07.1997 bei unterschiedlicher Vermehrungsmethodik

1. Generative Vermehrung

Deskriptive Statistik

	Mittelwert	Standardabweichung	n	Korrelation nach Pearson
Durchmesser [cm]	10,7125	3,3125	40	0,882
Anzahl Sproßknospen	7,7500	4,2351	40	

Varianztabelle

	SQ	FG	MQ	F	Signifikanz ($p \leq 5\%$)
Regression	332,991	1	332,991	133,262	0,000
Residuen	94,953	38	2,499		
Gesamt	427,944	39			

2. Vegetative Vermehrung

Deskriptive Statistik

	Mittelwert	Standardabweichung	n	Korrelation nach Pearson
Durchmesser [cm]	6,1324	2,2540	34	0,640
Anzahl Sproßknospen	3,2941	1,8510	34	

Varianztabelle

	SQ	FG	MQ	F	Signifikanz ($p \leq 5\%$)
Regression	68,770	1	68,770	22,255	0,000
Residuen	98,884	32	3,090		
Gesamt	167,654	33			

3. In vitro Vermehrung

Deskriptive Statistik

	Mittelwert	Standardabweichung	n	Korrelation nach Pearson
Durchmesser [cm]	10,2625	1,8810	40	0,669
Anzahl Sproßknospen	7,5500	2,2753	40	

Varianztabelle

	SQ	FG	MQ	F	Signifikanz ($p \leq 5\%$)
Regression	61,825	1	61,825	30,844	0,000
Residuen	76,169	38	2,004		
Gesamt	137,994	39			

A4 Separierte Regressionsanalyse für die Entwicklung des Pflanzendurchmesser [cm] für zwei Aussaattermine

Mittelwerttabelle

Boniturtermin	n	05.07.	23.07.	27.08.	04.10.
μ (Satz v. 15.02.)	10	13,10	14,40	17,90	20,35
μ (Satz v. 06.03.)	11	12,59	14,68	18,86	20,09

Varianztabelle

Aussaattermin 15.02.	SQ	FG	MQ	F	Signifikanz ($p \leq 5\%$)
Regression	194,720	1	194,720	7428,005	0,000
Residuen	0,131	5	0,026		
Gesamt	194,851	6			

Aussaattermin 06.03.	SQ	FG	MQ	F	Signifikanz ($p \leq 5\%$)
Regression	284,077	1	284,077	197,229	0,000
Residuen	7,201	5	1,440		
Gesamt	291,278	6			

Signifikanzprüfung (nach separierter Regressionsanalyse):

$$F = 1,510$$

$$F_{\text{krit}} = 4,10$$

$F < F_{\text{krit}}$; kein signifikanter Unterschied

A5 Entwicklung des Pflanzendurchmesser [cm] für zwei Stecktermine

Mittelwerttabelle (n = 10)

Tage nach vegetativer Vermehrung	86	146	206
μ (Satz v. 08.03.)	6,900	13,575	20,250
Tage nach vegetativer Vermehrung	71	131	191
μ (Satz v. 23.03.)	6,000	13,050	20,100

T-Test bei gepaarten Stichproben

	Gepaarte Differenzen			df	Signifikanz (p • 5%)
	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes		
1. Termin	0,900	0,4472	0,1414	9	0,000
2. Termin	0,525	2,7810	0,8794	9	0,565
3. Termin	0,150	5,672	1,7936	9	0,935

A6. Separierte Regressionsanalyse für die Entwicklung des Pflanzendurchmesser [cm] für bewurzelte und unbewurzelte Sproßknospen nach in-vitro Vermehrung

Mittelwerttabelle

Boniturtermin	24.05.96	08.08.96	16.08.96	27.08.96	04.10.96
Anzahl Tage nach Überführung	0	74	82	93	130
- bewurzelte Sproßknospen (n = 29)	2,92	6,41	10,43	12,08	13,55
- unbewurzelte Sproßknospen (n = 14)	3,25	6,14	10,00	12,00	13,42

Varianztabelle

bewurzelte Sproßknospen	SQ	FG	MQ	F	Signifikanz (p • 5%)
Regression	66,400	1	66,400	21,149	0,019
Residuen	9,418	3	3,139		
Gesamt	75,818	4			

unbewurzelte Sproßknospen	SQ	FG	MQ	F	Signifikanz (p • 5%)
Regression	60,591	1	60,591	17,751	0,0244
Residuen	10,240	3	3,413		
Gesamt	70,831	4			

Signifikanzprüfung nach separierter Regressionsanalyse

$F = -126,82$

$F_{\text{krit.}} = 5,143$

$F < F_{\text{krit.}}$; kein signifikanter Unterschied

A7 Korrelationen zwischen dem Pflanzendurchmesser [cm], der Anzahl Sproßknospen und der Anzahl Infloreszenzen bei generativ vermehrten Pflanzen und Überwinterung im Freiland

Deskriptive Statistik

	Mittelwert	Standardabweichung	n
Anzahl Blüten	7,05	4,8501	20
Sproßzahl	6,45	2,8557	20
Durchmesser (in cm)	9,38	3,1019	20

Korrelation Durchmesser / Anzahl Blüten

Varianztabelle

	SQ	FG	MQ	F	$F_{\text{krit.}} (5\%)$
Regression	0,385	1	0,385	0,038	0,848
Residuen	182,427	18	10,135		
Gesamt	182,813	19			

Korrelation Sproßzahl / Anzahl Blüten

Varianztabelle

	SQ	FG	MQ	F	F _{krit} (5%)
Regression	0,069	1	0,069	0,008	0,929
Residuen	154,881	18	8,604		
Gesamt	154,950	19			

A8 Korrelationen zwischen dem Pflanzendurchmesser [cm], der Anzahl Infloreszenzen und der Stiellänge der Infloreszenzen bei in vitro vermehrten Pflanzen und Überwinterung im Freiland

Deskriptive Statistik

	Mittelwert	Standardabweichung	n
Anzahl Blüten	8,171	3,082	35
Blütenstiellänge	13,800	3,368	35
Durchmesser (in cm)	15,329	1,236	35

Korrelation Durchmesser / Anzahl Infloreszenzen

Varianztabelle

	SQ	FG	MQ	F	F _{krit} (5%)
Regression	5,873	1	5,873	0,611	0,439
Residuen	317,098	33	9,609		
Gesamt	322,971	34			

Korrelation Anzahl Blüten / Stiellänge der Infloreszenzen [cm]

Varianztabelle

	SQ	FG	MQ	F	F _{krit} (5%)
Regression	32,998	1	32,998	3,755	0,061
Residuen	289,974	33	8,787		
Gesamt	322,972	34			

Korrelation Durchmesser / Stiellänge der Infloreszenzen [beides in cm]

Varianztabelle

	SQ	FG	MQ	F	F _{krit} (5%)
Regression	110,554	1	110,554	13,264	0,0009
Residuen	275,046	33	8,335		
Gesamt	385,600	34			

A9 Blühergebnisse nach unterschiedlicher Kühldauer

Varianztabelle

	SQ	FG	MQ	F	F _{krit} (5%)
Zwischen den Gruppen	558,275	6	93,046	11,397	0,000
Innerhalb der Gruppen	1249,100	153	8,164		
Gesamt	1807,375	159			

Mittelwerte für die in homogenen Untergruppen befindlichen Gruppen nach TUKEY – HSD ($p \leq 0,05$)

Kühldauer	n	Untergruppen			
		1	2	3	4
0	40	1,55			
984	20	1,85	1,85		
648	20	2,60	2,60	2,60	
55	20		4,15	4,15	
1080	20			4,85	4,85
275	20			4,90	4,90
1383	20				7,05
Signifikanz		0,892	0,114	0,114	0,150

A10 Korrelation zwischen Pflanzendurchmesser, Anzahl Infloreszenzen und Anzahl Sproßknospen nach unterschiedlicher Kühldauer

Deskriptive Statistik

Code	Kühlbehandlung							
	Dauer [h, ≤ 2° C]	Standort	n	Anzahl Infloreszenzen		Durchmesser [cm]		Sproßzahl
				Mittelwert	Stabw.	Mittelwert	Stabw.	
63/64	0	--	40	1,55	1,19	4,25	1,19	5,90
60	648	Kühlraum	20	2,60	1,53	4,37	1,04	5,65
61	984	Kühlraum	20	1,80	2,25	3,31	1,15	4,90
62	55	Freiland	19	4,31	1,63	4,26	0,97	4,73
66	275	Freiland	20	4,90	3,90	6,00	1,12	5,60
65	1080	Freiland	20	4,85	3,64	8,97	1,65	9,30
								3,52

Korrelationen nach PEARSON und Signifikanztest

		Korrelation			Signifikanz (2-seitig)		
Kühldauer [h]		Anzahl Infloreszenzen	Durchmesser [cm]	Sproßzahl	Anzahl Infloreszenzen	Durchmesser [cm]	Sproßzahl
0	Anzahl Infloreszenzen	1,000	0,171	0,054	--	0,293	0,743
	Durchmesser	0,171	1,000	0,598**	0,293	--	0,000
	Sproßzahl	0,054	0,598**	1,000	0,743	0,000	--
648	Anzahl Infloreszenzen	1,000	0,114	0,075	--	0,631	0,755
	Durchmesser	0,114	1,000	0,852**	0,631	--	0,000
	Sproßzahl	0,075	0,852**	1,000	0,755	0,000	--
984	Anzahl Infloreszenzen	1,000	-0,216	-0,014	--	0,346	0,953
	Durchmesser	-0,216	1,000	0,777**	0,346	--	0,000
	Sproßzahl	-0,014	0,777**	1,000	0,953	0,000	--
55	Anzahl Infloreszenzen	1,000	0,084	-0,042	--	0,732	0,863
	Durchmesser	0,084	1,000	0,698**	0,732	--	0,001
	Sproßzahl	-0,042	0,698**	1,000	0,863	0,001	--

		Korrelation			Signifikanz (2-seitig)		
275	Anzahl Infloreszenzen	1,000	-0,096	0,385	--	0,687	0,094
	Durchmesser	-0,096	1,000	0,292	0,687	--	0,211
	Sproßzahl	0,385	0,292	1,000	0,094	0,211	--
1080	Anzahl Infloreszenzen	1,000	-0,110	-0,058	--	0,644	0,809
	Durchmesser	-0,110	1,000	0,635**	0,644	--	0,003
	Sproßzahl	-0,058	0,635**	1,000	0,809	0,003	--

** Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant

A11 Vegetative Entwicklung nach Überführung aus der in vitro-Kultur; Mittelwerte des Pflanzendurchmessers [cm]

Boniturdatum	Mittelwert _{ges.}	Überführung in das Gewächshaus; Mittelwert		p (2-seitig)
		mit Wurzeln (n = 29)	ohne Wurzeln (n = 14)	
24.05.96	3,03	2,93	3,25	0,3776
08.08.96	6,33	6,41	6,14	0,4435
16.08.96	10,29	10,43	10,00	0,2541
27.08.96	12,06	12,09	12,00	0,8043
04.10.96	13,51	13,55	13,43	0,7420
08.11.96	10,03	10,05	10,00	0,8365
15.01.97	6,84	6,83	6,86	0,9227
13.02.97	7,72	7,71	7,75	0,8741
28.02.97	9,58	9,57	9,61	0,9257
12.03.97	13,28	13,22	13,39	0,7693
19.03.97	14,22	14,10	14,46	0,5121
26.03.97	15,55	15,53	15,57	0,9517
10.04.97	15,35	15,24	15,57	0,3971
18.04.97	15,14	15,17	15,07	0,8111
26.04.97	15,49	15,43	15,61	0,7108
30.04.97	15,22	15,12	15,43	0,4955
09.05.97	14,52	14,50	14,57	0,8343
21.05.97	14,56	14,62	14,43	0,6856
29.05.97	13,14	12,98	13,46	0,2168
04.06.97	12,64	12,57	12,79	0,5586
13.06.97	12,16	12,09	12,32	0,4217
25.06.97	12,27	12,22	12,36	0,6769
05.07.97	12,88	12,91	12,82	0,7837
23.07.97	12,10	12,12	12,07	0,8830
22.09.97	13,26	13,34	13,07	0,3897

A12 Überlebensdaueranalyse der in die In-vitro Kultur überführten Sproßknospen zur Kontrolle der Blühfähigkeit

Zeit	Status	kum. Überlebensrate	Standardfehler	kum. Ereignisse	Restzahl
4	1	0,9932	0,0048	2	294
8	1	0,9730	0,0094	8	288
12	1	0,9589	0,0116	12	273
18	1	0,9554	0,0121	13	272
22	1	0,9068	0,0178	25	224
30	1	0,8494	0,0242	35	148
36	1	0,7233	0,0337	54	109
44	1	0,6853	0,0360	59	90
48	1	0,6391	0,0382	65	83
50	1	0,5592	0,0417	74	63
58	1	0,5042	0,0432	80	55
62	1	0,4186	0,0443	89	44
64	1	0,4084	0,0444	90	40
72	1	0,3369	0,0441	97	33
76	1	0,1685	0,0370	113	16
84	1	0,0337	0,0310	117	1

Anzahl der Fälle: 296

Zensiert: 179 (60,74%)

Ereignisse : 117

	Überlebensdauer	Standardfehler	Konfidenzintervall (95%)
Mittelwert:	57	2	54; 60
(Limited to 84)			
Median:	62	4	55; 69

Faktor SATZ = 10 (Satz v. 28.09.)

Zeit	Status	kum. Überlebensrate	Standardfehler	kum. Ereignisse	Restzahl
12	1	0,9556	0,0217	4	86
30	1	0,8778	0,0345	11	79
48	1	0,7914	0,0457	17	55
62	1	0,6296	0,0603	26	35
76	1	0,3148	0,0633	42	16
84	1	0,063	0,0577	46	1

Anzahl der Fälle: 90

Zensiert: 44 (48,89%)

Ereignisse : 46

	Überlebensdauer	Standardfehler	Konfidenzintervall (95%)
Mittelwert:	67	2	63; 72
(Limited to 84)			
Median:	76	3	70; 82

Faktor SATZ = 20 (Satz v. 10.10.)

Zeit	Status	kum. Überlebensrate	Standardfehler	kum. Ereignisse	Restzahl
18	1	0,9855	0,0144	1	68
36	1	0,6775	0,0814	11	22
50	1	0,3923	0,09	19	11
64	1	0,3487	0,09	20	8
72	1	0,0436	0,0423	27	1

Anzahl der Fälle: 69

Zensiert: 42 (60,87%)

Ereignisse : 27

	Überlebensdauer	Standardfehler	Konfidenzintervall (95%)
Mittelwert:	54	3	48; 59
(Limited to 72)			
Median:	50	4	41; 59

Faktor SATZ = 30 (Satz v. 24.10.)

Zeit	Status	kum. Überlebensrate	Standardfehler	kum. Ereignisse	Restzahl
4	1	0,9459	0,0372	2	35
22	1	0,7838	0,0677	8	29
36	1	0,5748	0,1023	12	11
50	1	0,5109	0,1091	13	8
58	1	0,1277	0,0828	19	2

Anzahl der Fälle: 37

Zensiert: 18 (48,65%)

Ereignisse : 19

	Überlebensdauer	Standardfehler	Konfidenzintervall (95%)
Mittelwert:	44	3	38; 50
(Limited to 58)			
Median:	58	4	50; 66

Faktor SATZ = 40 (Satz v. 08.11.)

Zeit	Status	kum. Überlebensrate	Standardfehler	kum. Ereignisse	Restzahl
22	1	0,8929	0,0413	6	50
36	1	0,6696	0,0918	11	15
44	1	0,1116	0,103	16	1

Anzahl der Fälle: 58

Zensiert: 42 (72,41%)

Ereignisse : 16

	Überlebensdauer	Standardfehler	Konfidenzintervall (95%)
Mittelwert:	40	1	38; 42
(Limited to 44)			
Median:	44	1	41; 47

Faktor SATZ = 50 (Satz v. 22.11.)

Zeit	Status	kum. Überlebensrate	Standardfehler	kum. Ereignisse	Restzahl
8	1	0,8571	0,054	6	36
30	1	0,3429	0,189	9	2

Anzahl der Fälle: 42

Zensiert: 33 (78,57%)

Ereignisse : 9

	Überlebensdauer	Standardfehler	Konfidenzintervall (95%)
Mittelwert:	27	1	24; 29
(Limited to 30)			
Median:	30	8	14; 46

	Total	Anzahl der Ereignisse	Zensiert (abs.)	Zensiert (proz.)
SATZ 10	90	46	44	48,89
SATZ 20	69	27	42	60,87
SATZ 30	37	19	18	48,65
SATZ 40	58	16	42	72,41
SATZ 50	42	9	33	78,57
Gesamt	296	117	179	60,47

Test Statistic for Equality of Survival Distributions for SATZ

	Statistik	FG	Signifikanz
Log Rank	50,59	4	0,000
Breslow	27,73	4	0,000

9.1 A13 Einfluß des Vermehrungsverfahrens (In vitro, generativ) auf die Überlebensfähigkeit der Sproßknospen nach Überführung in die In-vitro Kultur

Faktor Typ = 1 (aus generativer Vermehrung)

Zeit	Status	kum. Überlebensrate	Standardfehler	kum. Ereignisse	Restzahl
4	1	0,9929	0,0071	1	140
12	1	0,9633	0,0161	5	130
22	1	0,8783	0,0308	14	93
30	1	0,8463	0,037	16	53
36	1	0,7479	0,0528	21	38
44	1	0,6755	0,062	24	28
48	1	0,6032	0,068	27	25
50	1	0,4196	0,0748	34	16
58	1	0,3934	0,0745	35	15
62	1	0,3409	0,0732	37	13
76	1	0,186	0,0649	42	6
84	1	0	0	43	0

Anzahl der Fälle: 141

Zensiert: 98 (69,50%)

Ereignisse : 43

	Überlebensdauer	Standardfehler	Konfidenzintervall (95%)
Mittelwert:	55	3	49; 60
Median:	50	1	48; 52

Faktor Typ = 2 (aus in vitro Vermehrung)

Zeit	Status	kum. Überlebensrate	Standardfehler	kum. Ereignisse	Restzahl
4	1	0,9935	0,0064	1	154
8	1	0,9548	0,0167	7	148
18	1	0,9482	0,0178	8	142
22	1	0,9269	0,0212	11	131
30	1	0,8549	0,0313	19	95
36	1	0,7141	0,0432	33	71
44	1	0,6918	0,0447	35	62
48	1	0,6578	0,0466	38	58
50	1	0,6309	0,0484	40	47
58	1	0,5608	0,0522	45	40
62	1	0,4575	0,0553	52	31
64	1	0,4423	0,0555	53	29
72	1	0,3355	0,0548	60	22
76	1	0,1598	0,0449	71	10
84	1	0,0399	0,0364	74	1

Anzahl der Fälle: 155

Zensiert: 81 (52,26%)

Ereignisse : 74

	Überlebensdauer	Standardfehler	Konfidenzintervall (95%)
Mittelwert:	58	2	(54; 62)
Median:	62	3	(57; 67)

	Total	Anzahl der Ereignisse	Zensiert (abs.)	Zensiert (proz.)
Typ 1	141	43	98	69,5
Typ 2	155	74	81	52,26
Gesamt	296	117	179	60,47

Test Statistic for Equality of Survival Distributions for TYP

	Statistik	FG	Signifikanz
Log Rank	0,34	1	0,5602
Breslow	0,37	1	0,5406

A14 Einfluß der Kühlung und BAP-Applikation auf die Pflanzenentwicklung

1.1. Homogenitätstabelle des Multiple Range Test für den Durchmesser am 24.10. nach TUKEY – Test ($p \leq 0,05$), Freiland

Dauer der Kühlung [-10 < 2° C, h]	Konzentration der BAP – Applikation [mg/l]	Mittelwert	homogene Gruppen							
55	Kontrolle	13,325	X X X X X							
55	15	13,000	X X X X X X							
55	20	13,950	X X X X							
55	25	12,325	X X X X X X X X							
275	Kontrolle	10,875	X X X X							
275	15	9,775	X							
275	20	12,125	X X X X X X X							
275	25	14,750							X X	
1080	Kontrolle	10,325	X X X							
1080	15	10,000	X X							
1080	20	13,350					X X X X X			
1080	25	11,450	X X X X X							

1.2. Homogenitätstabelle des Multiple Range Test für den Durchmesser am 24.10. nach TUKEY – Test ($p \leq 0,05$), Kühlraum

Dauer der Kühlung [0 < 2° C, h]	Konzentration der BAP – Applikation [mg/l]	Mittelwert	homogene Gruppen							
0	Kontrolle	10,325	x	x	x					
0	15	10,000	x	x						
0	20	11,425	x	x	x	x	x			
0	25	11,526	x	x	x	x	x			
648	Kontrolle	11,875	x	x	x	x	x	x		
648	15	10,450	x	x	x					
648	20	12,650		x	x	x	x	x	x	x
648	25	15,100								x
984	Kontrolle	13,300				x	x	x	x	x
984	15	13,475				x	x	x	x	x
984	20	13,600				x	x	x	x	x
984	25	14,675						x	x	x

Varianztabelle der Bonitur vom 24.10.1997

VU	SQ	FG	MQ	F - Wert	F _{krit.}
Haupteffekte					
A: BAP – Beh.	401,575	3	133,858	23,56	0,0000
B: Kühlung	636,477	6	106,079	18,67	0,0000
Interaktionen					
AB	358,234	18	19,902	3,50	0,0000
Fehler	3011,570	530	5,682		
Gesamt	4412,780	557			

n	20/20	20/19	19/19
GD (p=5%)	2,820	2,856	2,853

1.3. Homogenitätstabelle des Multiple Range Test für den Durchmesser am 01.11. nach TUKEY – Test ($p \leq 0,05$), Freiland

Dauer der Kühlung [-10 < 2° C, h]	Konzentration der BAP – Applikation [mg/l]	Mittelwert	homogene Gruppen					
55	Kontrolle	12,550	x	x	x	x	x	x
55	15	11,600	x	x	x	x		
55	20	11,950	x	x	x	x	x	
55	25	14,300				x	x	x
275	Kontrolle	10,875	x	x	x			
275	15	9,975	x					
275	20	12,125	x	x	x	x	x	
275	25	14,750					x	x
1080	Kontrolle	10,325	x	x				
1080	15	10,000	x					
1080	20	13,350			x	x	x	x
1080	25	11,450	x	x	x	x		

1. 4. Homogenitätstabelle des Multiple Range Test für den Durchmesser am 01.11. nach TUKEY – Test ($p \leq 0,05$), Kühlraum

Dauer der Kühlung [0 < 2° C, h]	Konzentration der BAP – Applikation [mg/l]	Mittelwert	homogene Gruppen					
0	Kontrolle	11,000	x	x	x			
0	15	9,975	x					
0	20	12,800	x	x	x	x	x	x
0	25	13,526			x	x	x	x
648	Kontrolle	11,675	x	x	x	x		

648	15	11,050	X	X	X				
648	20	13,100		X	X	X	X	X	
648	25	15,200							X
984	Kontrolle	12,050	X	X	X	X	X		
984	15	13,025		X	X	X	X	X	
984	20	13,375			X	X	X	X	
984	25	15,525							X

Varianztabelle der Bonitur vom 01.11.1997

VU	SQ	FG	MQ	F - Wert	F _{krit.}
Haupteffekte					
A: BAP – Beh.	883,222	3	294,407	45,60	0,0000
B: Kühlung	265,779	6	44,297	6,86	0,0000
Interaktionen					
AB	237,290	18	13,183	2,04	0,0069
Fehler	3422,150	530	6,457		
Gesamt	4812,320	557			

n	20/20	20/19	19/19
GD (p=5%)	3,006	3,045	3,084

1.5. Homogenitätstabelle des Multiple Range Test für den Durchmesser am 23.12. nach TUKEY – Test ($p \leq 0,05$), Freiland

Dauer der Kühlung [-10 < 2° C, h]	Konzentration der BAP – Applikation [mg/l]	Mittelwert	homogene Gruppen	
55	Kontrolle	3,725	X	X
55	15	3,550	X	X
55	20	3,575	X	X
55	25	4,150	X	X

275	Kontrolle	3,300	X	
275	15	4,650		X
275	20	4,250	X	X
275	25	4,775		X
1080	Kontrolle	--		
1080	15	--		
1080	20	--		
1080	25	--		

1.6. Homogenitätstabelle des Multiple Range Test für den Durchmesser am 23.12. nach TUKEY – Test ($p \leq 0,05$), Kühlraum

Dauer der Kühlung [0 < 2° C, h]	Konzentration der BAP – Applikation [mg/l]	Mittelwert	homogene Gruppen	
0	Kontrolle	3,700	X	X
0	15	3,675	X	X
0	20	3,775	X	X
0	25	4,789		X
648	Kontrolle	3,800	X	X
648	15	3,575	X	X
648	20	3,675	X	X
648	25	4,775		X
984	Kontrolle	3,075	X	
984	15	3,300	X	
984	20	3,500	X	X
984	25	3,675	X	X

Varianztabelle der Bonitur vom 23.12.1997

VU	SQ	FG	MQ	F - Wert	F _{krit.}
Haupteffekte					
A: BAP – Beh.	62,311	3	20,770	16,57	0,0000
B: Kühlung	33,260	5	6,652	5,31	0,0001
Interaktionen					
AB	26,269	15	1,751	1,40	0,1440
Fehler	569,028	454	1,253		
Gesamt	690,090	477			

n	20/20	20/19	19/19
GD (p=5%)	1,296	1,313	1,330

1.7. Homogenitätstabelle des Multiple Range Test für den Durchmesser am 07.02. nach TUKEY – Test ($p \leq 0,05$), Freiland

Dauer der Kühlung [-10 < 2° C, h]	Konzentration der BAP – Applikation [mg/l]	Mittelwert	homogene Gruppen			
55	Kontrolle	4,150	X	X	X	X
55	15	4,150	X	X	X	X
55	20	4,000	X	X	X	X
55	25	4,500		X	X	X
275	Kontrolle	4,625			X	X
275	15	6,075				X
275	20	6,475				X
275	25	6,200				X
1080	Kontrolle	--				
1080	15	--				
1080	20	--				
1080	25	--				

1.8. Homogenitätstabelle des Multiple Range Test für den Durchmesser am 07.02. nach TUKEY – Test ($p \leq 0,05$), Kühlraum

Dauer der Kühlung [0 < 2° C, h]	Konzentration der BAP – Applikation [mg/l]	Mittelwert	homogene Gruppen			
0	Kontrolle	4,150	X	X	X	X
0	15	3,800	X	X	X	X
0	20	3,700	X	X	X	
0	25	4,842				X
648	Kontrolle	4,200	X	X	X	X
648	15	3,650	X	X	X	
648	20	3,750	X	X	X	X
648	25	4,600			X	X
984	Kontrolle	3,400	X			
984	15	3,500	X	X		
984	20	3,500	X	X		
984	25	4,050	X	X	X	X

Varianztabelle der Bonitur vom 07.02.1998

VU	SQ	FG	MQ	F - Wert	F _{krit.}
Haupteffekte					
A: BAP – Beh.	41,408	3	13,803	15,91	0,000
B: Kühlung	248,857	5	49,772	57,36	0,000
Interaktionen					
AB	50,120	15	3,341	3,85	0,000
Fehler	393,916	454	0,867		
Gesamt	734,697	477			

n	20/20	20/19	19/19
GD (p=5%)	1,079	1,093	1,107

1.9. Homogenitätstabelle des Multiple Range Test für den Durchmesser am 14.03. nach TUKEY – Test ($p \leq 0,05$), Freiland

Dauer der Kühlung [-10 < 2° C, h]	Konzentration der BAP – Applikation [mg/l]	Mittelwert	homogene Gruppen			
55	Kontrolle	4,275	X			
55	15	4,425	X	X		
55	20	4,275	X			
55	25	4,800	X	X		
275	Kontrolle	6,000		X	X	
275	15	7,525			X	X
275	20	8,700				X
275	25	7,450		X	X	
1080	Kontrolle	8,975			X	X
1080	15	9,400				X
1080	20	9,400				X
1080	25	9,525				X

1.10. Homogenitätstabelle des Multiple Range Test für den Durchmesser am 14.03. nach TUKEY – Test ($p \leq 0,05$), Kühlraum

Dauer der Kühlung [0 < 2° C, h]	Konzentration der BAP – Applikation [mg/l]	Mittelwert	homogene Gruppen			
0	Kontrolle	4,2500	X			
0	15	3,6500	X			
0	20	3,5250	X			
0	25	4,6053	X	X		

648	Kontrolle	4,3750	X	X
648	15	3,4500	X	
648	20	3,5750	X	
648	25	4,3000	X	
984	Kontrolle	3,2500	X	
984	15	3,4000	X	
984	20	3,2250	X	
984	25	4,0250	X	

Varianztabelle der Bonitur vom 14.03.1998

VU	SQ	FG	MQ	F - Wert	F _{krit.}
Haupteffekte					
A: BAP – Beh.	28,826	3	9,6087	5,02	0,0019
B: Kühlung	2392,850	6	398,8090	208,31	0,0000
Interaktionen					
AB	104,585	18	5,8103	3,03	0,0000
Fehler	1014,680	530	1,9145		
Gesamt	3543,680	557			

n	20/20	20/19	19/19
GD (p=5%)	1,636	1,658	1,679

1.11. Homogenitätstabelle des Multiple Range Test für die Sproßknospenbildung am 24.10. nach TUKEY – Test ($p \leq 0,05$), Freiland

Dauer der Kühlung [-10 < 2° C, h]	Konzentration der BAP – Applikation [mg/l]	Mittelwert	homogene Gruppen	
55	Kontrolle	7,950	X	X
55	15	8,650	X	X
55	20	7,700	X	X

55	25	8,850	X	X
275	Kontrolle	6,350	X	X
275	15	6,200	X	X
275	20	7,450	X	X
275	25	7,650	X	X
1080	Kontrolle	6,400	X	X
1080	15	5,650	X	
1080	20	7,500	X	X
1080	25	8,050	X	X

1.12. Homogenitätstabelle des Multiple Range Test für die Sproßknospenbildung am 24.10. nach TUKEY – Test ($p \leq 0,05$), Kühlraum

Dauer der Kühlung [0 < 2° C, h]	Konzentration der BAP – Applikation [mg/l]	Mittelwert	homogene Gruppen	
0	Kontrolle	7,150	X	X
0	15	6,800	X	X
0	20	9,400		X
0	25	8,316	X	X
648	Kontrolle	7,300	X	X
648	15	8,100	X	X
648	20	6,850	X	X
648	25	8,200	X	X
984	Kontrolle	6,900	X	X
984	15	8,200	X	X
984	20	7,950	X	X
984	25	8,500	X	X

Varianztabelle der Bonitur vom 24.10.1997

VU	SQ	FG	MQ	F - Wert	F _{krit.}
Haupteffekte					
A: BAP – Beh.	135,522	3	45,174	5,79	0,0007
B: Kühlung	234,696	6	39,116	5,02	0,0001
Interaktionen					
AB	147,481	18	8,193	1,05	0,4005
Fehler	4133,400	530	7,798		
Gesamt	4652,650	557			

n	20/20	20/19	19/19
GD (p=5%)	3,303	3,346	3,389

13. Homogenitätstabelle des Multiple Range Test für die Sproßknospenbildung am 01.11. nach TUKEY – Test
($p \leq 0,05$), Freiland

Dauer der Kühlung [-10 < 2° C, h]	Konzentration der BAP – Applikation [mg/l]	Mittelwert	homogene Gruppen			
55	Kontrolle	8,050	X	X	X	X
55	15	7,400	X	X	X	X
55	20	7,600	X	X	X	X
55	25	9,300			X	X
275	Kontrolle	6,350	X	X	X	
275	15	5,250	X			
275	20	7,450	X	X	X	X
275	25	7,650	X	X	X	X
1080	Kontrolle	6,400	X	X	X	
1080	15	5,650	X	X		
1080	20	7,500	X	X	X	X
1080	25	8,050	X	X	X	X

14. Homogenitätstabelle des Multiple Range Test für die Sproßknospenbildung am 01.11. nach TUKEY – Test
($p \leq 0,05$), Kühlraum

Dauer der Kühlung [0 < 2° C, h]	Konzentration der BAP – Applikation [mg/l]	Mittelwert	homogene Gruppen			
0	Kontrolle	5,550	X	X		
0	15	6,150	X	X	X	
0	20	6,600	X	X	X	
0	25	7,053	X	X	X	X
648	Kontrolle	8,150	X	X	X	X
648	15	7,850	X	X	X	X
648	20	8,350	X	X	X	X
648	25	9,950				X
984	Kontrolle	7,500	X	X	X	X
984	15	8,150	X	X	X	X
984	20	7,250	X	X	X	X
984	25	8,650		X	X	X

Varianztabelle der Bonitur vom 01.11.1997

VU	SQ	FG	MQ	F – Wert	F _{krit.}
Haupteffekte					
A: BAP – Beh.	240,069	3	80,023	10,57	0,0000
B: Kühlung	337,310	6	56,218	7,43	0,0000
Interaktionen					
AB	132,575	18	7,365	0,97	0,4894
Fehler	4010,730	530	7,567		
Gesamt	4723,390	557			

n	20/20	20/19	19/19
GD (p=5%)	3,254	3,296	3,338

15. Homogenitätstabelle des Multiple Range Test für die Sproßknospenbildung am 23.12. nach TUKEY – Test
($p \leq 0,05$), Freiland

Dauer der Kühlung [-10 < 2° C, h]	Konzentration der BAP – Applikation [mg/l]	Mittelwert	homogene Gruppen	
55	Kontrolle	5,000	X	X
55	15	5,350	X	X
55	20	5,350	X	X
55	25	6,850	X	X
275	Kontrolle	4,200	X	
275	15	5,500	X	X
275	20	6,550	X	X
275	25	7,650		X
1080	Kontrolle	--		
1080	15	--		
1080	20	--		
1080	25	--		

16. Homogenitätstabelle des Multiple Range Test für die Sproßknospenbildung am 23.12. nach TUKEY – Test
($p \leq 0,05$), Kühlraum

Dauer der Kühlung [0 < 2° C, h]	Konzentration der BAP – Applikation [mg/l]	Mittelwert	homogene Gruppen	
0	Kontrolle	5,550	X	X
0	15	5,100	X	X
0	20	6,450	X	X
0	25	7,158	X	X

648	Kontrolle	5,150	X	X
648	15	5,400	X	X
648	20	5,250	X	X
648	25	7,550		X
984	Kontrolle	4,850	X	X
984	15	5,000	X	X
984	20	5,300	X	X
984	25	5,750	X	X

Varianztabelle der Bonitur vom 23.12.1997

VU	SQ	FG	MQ	F - Wert	F _{krit.}
Haupteffekte					
A: BAP – Beh.	281,232	3	93,744	12,89	0,0000
B: Kühlung	42,171	5	8,434	1,16	0,3282
Interaktionen					
AB	76,588	15	5,106	0,70	0,7833
Fehler	3302,350	454	7,274		
Gesamt	3701,910	477			

n	20/20	20/19	19/19
GD (p=5%)	3,124	3,165	3,205

17. Homogenitätstabelle des Multiple Range Test für die Sproßknospenbildung am 07.02. nach TUKEY – Test
($p \leq 0,05$), Freiland

Dauer der Kühlung [-10 < 2° C, h]	Konzentration der BAP – Applikation [mg/l]	Mittelwert	homogene Gruppen
55	Kontrolle	5,150	X
55	15	6,100	X X X
55	20	5,400	X
55	25	6,750	X X X
275	Kontrolle	5,050	X
275	15	6,350	X X X
275	20	7,600	X X
275	25	7,650	X
1080	Kontrolle	--	
1080	15	--	
1080	20	--	
1080	25	--	

18. Homogenitätstabelle des Multiple Range Test für die Sproßknospenbildung am 07.02. nach TUKEY – Test
($p \leq 0,05$), Kühlraum

Dauer der Kühlung [0 < 2° C, h]	Konzentration der BAP – Applikation [mg/l]	Mittelwert	homogene Gruppen
0	Kontrolle	5,950	X X X
0	15	5,350	X
0	20	6,100	X X X
0	25	6,895	X X X
648	Kontrolle	5,550	X X X
648	15	5,500	X X
648	20	5,350	X
648	25	7,050	X X X

984	Kontrolle	4,950	X		
984	15	5,050	X		
984	20	5,100	X		
984	25	6,000	X	X	X

Varianztabelle der Bonitur vom 07.02.1998

VU	SQ	FG	MQ	F – Wert	F _{krit.}
Haupteffekte					
A: BAP – Beh.	151,214	3	50,405	14,69	0,0000
B: Kühlung	83,757	5	16,752	4,88	0,0002
Interaktionen					
AB	73,899	15	4,927	1,44	0,1264
Fehler	1557,960	454	3,432		
Gesamt	1867,180	477			

n	20/20	20/19	19/19
GD (p=5%)	2,145	2,173	2,201

19. Homogenitätstabelle des Multiple Range Test für die Sproßknospenbildung am 14.03. nach TUKEY – Test (p ≤ 0,05), Freiland

Dauer der Kühlung [-10 < 2° C, h]	Konzentration der BAP – Applikation [mg/l]	Mittelwert	homogene Gruppen						
55	Kontrolle	4,9000	X	X					
55	15	6,1500	X	X	X	X			
55	20	4,9500	X	X					
55	25	6,2000	X	X	X	X			
275	Kontrolle	5,6000	X	X	X				
275	15	7,8000		X	X	X	X	X	
275	20	8,1000			X	X	X	X	X

275	25	7,0000	X	X	X	X	X	
1080	Kontrolle	9,3000						
1080	15	8,9500						
1080	20	10,8000						
1080	25	11,1000						

20. Homogenitätstabelle des Multiple Range Test für die Sproßknospenbildung am 14.03. nach TUKEY – Test
($p \leq 0,05$), Kühlraum

Dauer der Kühlung [0 < 2° C, h]	Konzentration der BAP – Applikation [mg/l]	Mittelwert	homogene Gruppen				
0	Kontrolle	5,9000	X	X	X		
0	15	5,0000	X	X			
0	20	5,1500	X	X	X		
0	25	6,2632	X	X	X	X	X
648	Kontrolle	5,6500	X	X	X		
648	15	5,1500	X	X	X		
648	20	5,2000	X	X	X		
648	25	6,0500	X	X	X	X	
984	Kontrolle	4,7500	X				
984	15	4,6500	X				
984	20	4,4000	X				
984	25	5,6000	X	X	X		

Varianztabelle der Bonitur vom 14.03.1998

VU	SQ	FG	MQ	F - Wert	F _{krit.}
Haupteffekte					
A: BAP – Beh.	72,307	3	24,102	3,65	0,0125
B: Kühlung	1516,770	6	252,795	38,31	0,0000
Interaktionen					
AB	172,556	18	9,586	1,45	0,1019
Fehler	3497,670	530	6,599		
Gesamt	5261,220	557			

n	20/20	20/19	19/19
GD (p=5%)	3,039	3,346	3,389

21. Homogenitätstabelle des Multiple Range Test für die Anzahl sichtbarer Blüten am 09.04. nach TUKEY – Test ($p \leq 0,05$), Freiland

Dauer der Kühlung [-10 < 2° C, h]	Konzentration der BAP – Applikation [mg/l]	Mittelwert	homogene Gruppen	
55	Kontrolle	0,00	X	
55	15	0,10		
55	20	0,15		
55	25	0,00		
275	Kontrolle	0,55	X	X
275	15	1,10		
275	20	1,05		
275	25	1,25		
1080	Kontrolle	0,15	X	
1080	15	0,00		
1080	20	0,25		
1080	25	0,00		

22. Homogenitätstabelle des Multiple Range Test für die Anzahl sichtbarer Blüten am 09.04. nach TUKEY – Test ($p \leq 0,05$), Kühlraum

Dauer der Kühlung [0 < 2° C, h]	Konzentration der BAP – Applikation [mg/l]	Mittelwert	homogene Gruppen
0	Kontrolle	0,00	X
0	15	0,00	
0	20	0,00	
0	25	0,00	
648	Kontrolle	0,00	X
648	15	0,00	
648	20	0,00	
648	25	0,00	
984	Kontrolle	0,00	X
984	15	0,00	
984	20	0,00	
984	25	0,00	

Varianztabelle der Bonitur vom 09.04.1998

VU	SQ	FG	MQ	F - Wert	F _{krit.}
Haupteffekte					
A: BAP – Beh.	0,891	3	0,297	0,74	0,5293
B: Kühlung	63,639	6	10,607	26,39	0,0000
Interaktionen					
AB	5,921	18	0,329	0,82	0,6793
Fehler	213,050	530	0,402		
Gesamt	283,500	557			

n	20/20	20/19	19/19
GD (p=5%)	0,750	0,759	0,769

23. Homogenitätstabelle des Multiple Range Test für die Anzahl sichtbarer Blüten am 20.04. nach TUKEY – Test ($p \leq 0,05$), Freiland

Dauer der Kühlung [-10 < 2° C, h]	Konzentration der BAP – Applikation [mg/l]	Mittelwert	homogene Gruppen
55	Kontrolle	0,15	X
55	15	0,55	X X X
55	20	0,60	X X X
55	25	0,10	X
275	Kontrolle	1,00	X X X
275	15	3,70	X
275	20	2,45	X X X
275	25	3,60	X
1080	Kontrolle	1,40	X X X X
1080	15	3,10	X X
1080	20	3,75	X
1080	25	2,25	X X X X

24. Homogenitätstabelle des Multiple Range Test für die Anzahl sichtbarer Blüten am 20.04. nach TUKEY – Test ($p \leq 0,05$), Kühlraum

Dauer der Kühlung [0 < 2° C, h]	Konzentration der BAP – Applikation [mg/l]	Mittelwert	homogene Gruppen
0	Kontrolle	0,80	X X X
0	15	0,05	X
0	20	0,20	X
0	25	0,68	X X X

648	Kontrolle	0,20	X	
648	15	0,05	X	
648	20	0,15	X	
648	25	0,45	X	X
984	Kontrolle	0,25	X	
984	15	0,45	X	X
984	20	0,50	X	X
984	25	0,15	X	

Varianztabelle der Bonitur vom 20.04.1998

VU	SQ	FG	MQ	F - Wert	F _{krit.}
Haupteffekte					
A: BAP – Beh.	23,408	3	7,803	3,00	0,0301
B: Kühlung	608,157	6	101,359	39,01	0,0000
Interaktionen					
AB	157,841	18	8,769	3,38	0,0000
Fehler	1376,960	530	2,598		
Gesamt	2166,910	557			

n	20/20	20/19	19/19
GD (p=5%)	1,906	1,931	1,956

25. Homogenitätstabelle des Multiple Range Test für die Anzahl sichtbarer Blüten am 28.04. nach TUKEY – Test ($p \leq 0,05$), Freiland

Dauer der Kühlung [-10 < 2° C, h]	Konzentration der BAP – Applikation [mg/l]	Mittelwert	homogene Gruppen
55	Kontrolle	0,90	X
55	15	1,85	
55	20	1,15	
55	25	1,35	
275	Kontrolle	1,90	X X X
275	15	4,00	
275	20	2,80	
275	25	3,95	
1080	Kontrolle	1,80	X X
1080	15	4,20	
1080	20	5,60	
1080	25	4,90	

26. Homogenitätstabelle des Multiple Range Test für die Anzahl sichtbarer Blüten am 28.04. nach TUKEY – Test ($p \leq 0,05$), Kühlraum

Dauer der Kühlung [0 < 2° C, h]	Konzentration der BAP – Applikation [mg/l]	Mittelwert	homogene Gruppen
0	Kontrolle	0,95	X
0	15	1,10	
0	20	0,95	
0	25	1,16	
648	Kontrolle	1,40	X
648	15	0,75	
648	20	0,85	
648	25	0,80	

984	Kontrolle	0,75	X
984	15	1,05	X
984	20	0,95	X
984	25	1,00	X

Varianztabelle der Bonitur vom 28.04.1998

VU	SQ	FG	MQ	F - Wert	F _{krit.}
Haupteffekte					
A: BAP – Beh.	60,061	3	20,020	5,95	0,0005
B: Kühlung	808,627	6	134,771	40,02	0,0000
Interaktionen					
AB	182,084	18	10,116	3,00	0,0000
Fehler	1784,800	530	3,368		
Gesamt	2836,120	557			

n	20/20	20/19	19/19
GD (p=5%)	2,170	2,199	2,227

27. Homogenitätstabelle des Multiple Range Test für die Anzahl sichtbarer Blüten am 13.05. nach TUKEY – Test ($p \leq 0,05$), Freiland

Dauer der Kühlung [-10 < 2° C, h]	Konzentration der BAP – Applikation [mg/l]	Mittelwert	homogene Gruppen					
55	Kontrolle	2,60	X	X	X	X	X	
55	15	3,10	X	X	X	X	X	
55	20	2,55	X	X	X	X		
55	25	3,70		X	X	X	X	X
275	Kontrolle	2,70	X	X	X	X	X	
275	15	3,60		X	X	X	X	X
275	20	4,10			X	X	X	X

275	25	4,90					X	X
1080	Kontrolle	3,60		X	X	X	X	X
1080	15	4,30				X	X	X
1080	20	5,85						X
1080	25	5,65						X

28. Homogenitätstabelle des Multiple Range Test für die Anzahl sichtbarer Blüten am 13.05. nach TUKEY – Test ($p \leq 0,05$), Kühlraum

Dauer der Kühlung [0 < 2° C, h]	Konzentration der BAP – Applikation [mg/l]	Mittelwert	homogene Gruppen				
0	Kontrolle	1,00	X				
0	15	1,10	X				
0	20	1,20	X				
0	25	1,63	X	X			
648	Kontrolle	1,65	X	X			
648	15	1,25	X				
648	20	2,00	X	X	X	X	
648	25	2,20	X	X	X	X	
984	Kontrolle	1,85	X	X	X		
984	15	1,40	X	X			
984	20	2,65	X	X	X	X	X
984	25	2,55	X	X	X	X	

Varianztabelle der Bonitur vom 13.05.1998

VU	SQ	FG	MQ	F – Wert	F _{krit.}
Haupteffekte					
A: BAP – Beh.	101,295	3	33,765	8,69	0,0000
B: Kühlung	507,145	6	134,524	34,64	0,0000
Interaktionen					
AB	76,748	18	4,264	1,10	0,3504
Fehler	2058,460	530	3,884		
Gesamt	3045,620	557			

n	20/20	20/19	19/19
GD (p=5%)	2,331	2,361	2,392

A15 Einfluß der BAP-Behandlung auf die Streckung von Infloreszenzen im Freiland

Mittelwerttabelle

BAP – Konzentration	n	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler
Kontrolle	20	7,20	3,7641	0,8417
15 mg/l	20	7,75	4,2162	0,9428
20 mg/l	20	7,65	2,8521	0,6377
25 mg/l	20	7,05	4,8501	1,0845
Gesamt	80	7,41	3,9223	0,4385

Varianztabelle (GD_{p=5%})

VU	SQ	FG	MQ	F – Wert	F _{krit.}
Zwischen den Gruppen	6,938	3	2,313	0,145	0,932
	1208,450	76	15,901		
Innerhalb der Gruppen					
Gesamt	1215,388	79			